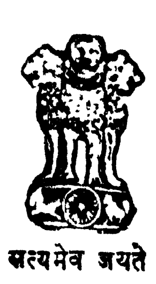

सत्यमेव जयते

ROYAUME DE BELGIQUE
Ministère des Colonies

Direction de l'Agriculture,
de l'Elevage et de la Colonisation

KONINKRIJK BELGIË
Ministerie van Koloniën

Directie van Landbouw,
Veeteelt en Kolonisatie

Bulletin Agricole du Congo Belge

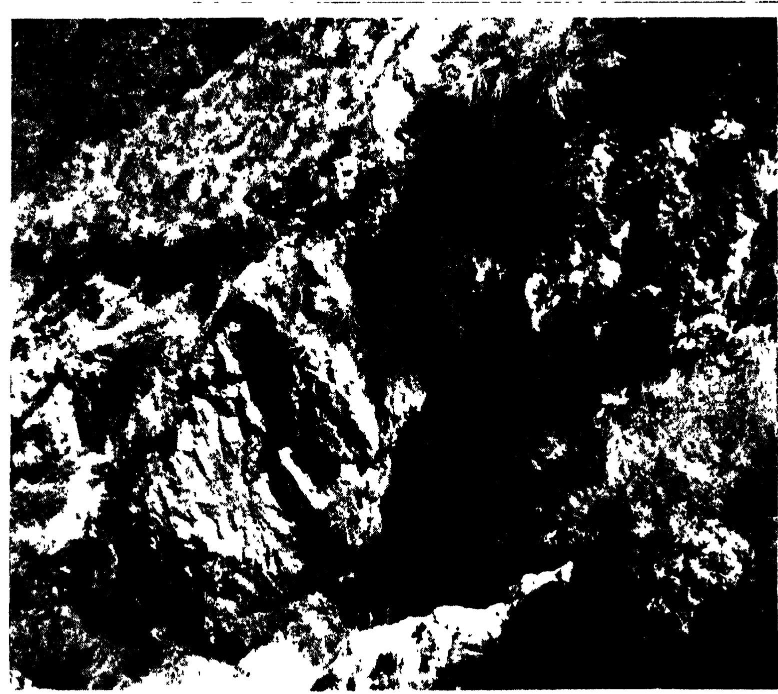
Landbouwkundig Tijdschrift

voor Belgisch-Congo

Publié sous la Direction de — *Uitgegeven onder de leiding van*
M. P. STANER,
DIRECTEUR D'ADMINISTRATION — DIRECTEUR VAN BESTUUR.

Vol. XL — N° 1 — MARS / MAART 1949

4 FASCICULES PAR AN / NUMMERS PER JAAR



(Photo G. Tondeur.)

Bassin de la Kisheke, érosions ravinantes graves, dans les pâturages, provoquées par pistes de bétail, incendies et mésusage.

RÉDACTION ET ADMINISTRATION
Place Royale, 7 - Bruxelles

REDACTIE EN ADMINISTRATIE :
Koningsplein, 7 - Brussel

MINISTERE DES COLONIES — BULLETIN AGRICOLE DU CONGO BELGE

Le **Bulletin Agricole du Congo Belge**, publié trimestriellement par la Direction Générale « Affaires Economiques et Agriculture » du Ministère des Colonies, a pour but

1) de grouper les documents officiels interessant l agriculture de la Colonie

2) de fournir une documentation générale sur l'agriculture du Congo Belge et de faire connaître les resultats scientifiques ou pratiques des études et experiences entreprises par le Service agricole et par l'Institut national pour l'Étude agronomique du Congo Belge

3) de publier les renseignements scientifiques ou techniques sur les progres accomplis par les colonies étrangères dans les cultures et les elevages pouvant être pratiques au Congo Belge

---

Het **Landbouwkundig Tijdschrift voor Belgisch-Congo** wordt om de drie maanden uitgegever door de Algemene Directie « Economische Zaken en Landbouw » bij het Ministerie van Kolonien, met het doel

1) de officiele stukken aangaande de landbouw in de Kolonie te groeperen

2) een algemene documentatie te verstrekken over de landbouw in Belgisch-Congo en de wetenschappelijke of practische uitslagen te doen kennen van de studien en proefnemingen die gedaan werden door de Landbouwdienst en door het Nationaal Instituut voor de Landbouwstudie in Belgisch-Congo,

3) wetenschappelijke of technische inlichtingen mede te delen over de in vreemde koloniën gemaakte vorderingen in zake teelt van planten of dieren, die in aanmerking kunnen komen voor de Belgisch-Congo

BULLETIN AGRICOLE DU CONGO BELGE
LANDBOUWKUNDIG TIJDSCHRIFT
VOOR BELGISCH-CONGO

N° 1 — MARS / MAART 1949 — Vol. XL

COMPTES RENDUS

DE LA

Conférence Africaine des Sols

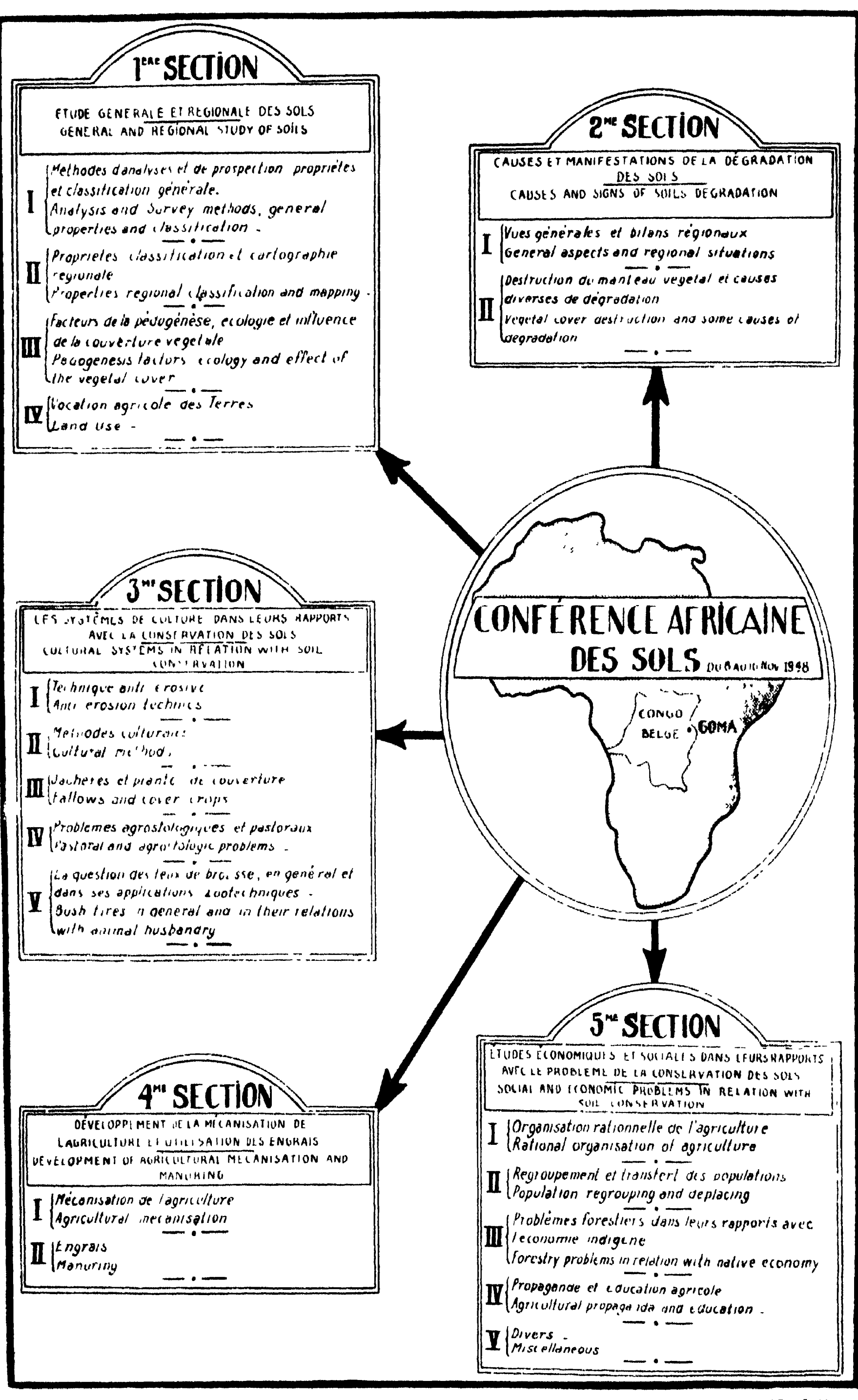
Goma (Kivu) Congo Belge

8-16 novembre 1948

Le problème de la conservation des sols africains revêt une telle importance que la Rédaction du « Bulletin Agricole du Congo Belge » croit utile de publier les études présentées à la Conférence internationale ayant trait à cette question, qui s'est tenue à Goma (Kivu) en novembre 1948.

Nos lecteurs seront heureux, pensons-nous, de posséder l'importante documentation présentée à ce Congrès et qui contient — en dehors des données purement pédologiques — quantité de renseignements relatifs à l'agriculture et à l'élevage de nombreuses régions africaines.

Le présent fascicule constitue le premier des trois volumes que formeront ces communications. (N. d. l. r.)



1ère SECTION
ETUDE GENERALE ET REGIONALE DES SOLS
GENERAL AND REGIONAL STUDY OF SOILS
I Méthodes d'analyses et de prospection propriétés et classification générale.
Analysis and Survey methods, general properties and classification -
II Propriétés classification et cartographie régionale
Properties regional classification and mapping -
III Facteurs de la pédogénèse, écologie et influence de la couverture végétale
Pedogenesis factors ecology and effect of the vegetal cover
IV Vocation agricole des Terres
Land use -
2me SECTION
CAUSES ET MANIFESTATIONS DE LA DÉGRADATION DES SOLS
CAUSES AND SIGNS OF SOILS DEGRADATION
I Vues générales et bilans régionaux
General aspects and regional situations
II Destruction du manteau végétal et causes diverses de dégradation
Vegetal cover destruction and some causes of degradation
3me SECTION
LES SYSTÈMES DE CULTURE DANS LEURS RAPPORTS AVEC LA CONSERVATION DES SOLS
CULTURAL SYSTEMS IN RELATION WITH SOIL CONSERVATION
I Technique anti érosive
Anti erosion technics
II Méthodes culturales
Cultural methods
III Jachères et plantes de couverture
Fallows and cover crops
IV Problèmes agrostologiques et pastoraux
Pastoral and agrostologic problems -
V La question des feux de brousse, en général et dans ses applications zootechniques -
Bush fires in general and in their relations with animal husbandry
4me SECTION
DÉVELOPPEMENT DE LA MÉCANISATION DE L'AGRICULTURE ET UTILISATION DES ENGRAIS
DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL MECANISATION AND MANURING
I Mécanisation de l'agriculture
Agricultural mecanisation
II Engrais
Manuring
5me SECTION
ETUDES ECONOMIQUES ET SOCIALES DANS LEURS RAPPORTS AVEC LE PROBLÈME DE LA CONSERVATION DES SOLS
SOCIAL AND ECONOMIC PROBLEMS IN RELATION WITH SOIL CONSERVATION
I Organisation rationnelle de l'agriculture
Rational organisation of agriculture
II Regroupement et transfert des populations
Population regrouping and deplacing
III Problèmes forestiers dans leurs rapports avec l'économie indigène
Forestry problems in relation with native economy
IV Propagande et éducation agricole
Agricultural propaganda and education -
V Divers -
Miscellaneous
CONFÉRENCE AFRICAINE DES SOLS
DU 8 AU 16 NOV 1948
CONGO BELGE
GOMA

C. V. delin.

COMPTES RENDUS

DE LA

Conférence Africaine des Sols

Goma (Kivu) Congo Belge

8-16 novembre 1948

INTRODUCTION

L'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge (Inéac) avait organisé en février-mars 1947, à son siège principal, Yangambi, une « Semaine agricole » ayant son origine dans une suggestion du Ministre des Colonies, M. R. Godding, l'actuel Président de l'Inéac. Ce congrès scientifique, qui était à caractère international et colonial, s'occupa surtout du problème de la conservation des sols, problème le plus angoissant qui se pose actuellement pour les agronomes coloniaux et dont la solution intéresse l'avenir économique et social des populations africaines. Le vœu fut émis qu'une collaboration internationale ou tout au moins interafricaine soit établie en vue de l'étude des méthodes de protection du sol et de la préparation des mesures intercoloniales nécessaires.

Mais ces problèmes embrassent un champ très étendu et sont d'une grande complexité : leur examen doit se poursuivre progressivement. La Conférence des Experts Coloniaux, tenue à Bruxelles à la fin de 1947, estima opportun de réunir une nouvelle conférence spécialement chargée de l'examen des mesures à prendre pour l'étude de la protection des sols africains. Le lieu choisi fut Goma, localité située à l'extrémité nord du lac Kivu, à proximité des territoires du Ruanda-Urundi.

Comme on le verra sur les listes contenues dans le présent volume, cette Conférence, qui prit le nom de « Conférence Africaine des Sols », réunit principalement des Délégués anglais, français, portugais, sud-africains, rhodésiens et belges.

Son programme, réparti en cinq sections, divisées chacune en plusieurs groupes, comprenait les points mentionnés ci-contre.

On trouvera page 16 la liste, par numéros d'ordre, *des communications ou rapports établis pour la Conférence par les spécialistes des pays intéressés; ces travaux constituent une mine de renseignements basés sur des études scientifiques de haute valeur, en même temps qu'un plaidoyer en faveur de la protection des sols d'Afrique*

Les comptes rendus des séances des sections suivent, pour chaque section, le texte des diverses communications reçues par le Comité On pourra se baser, pour trouver ces comptes rendus, sur les indications de la Table des Matières, à la fin du troisième volume. Pour les communications elles-mêmes (rapports), on consultera soit la liste par sujets traités, *publiée en tête de chaque groupe, soit la* liste alphabétique *par noms d'auteurs, à la fin du troisième volume. Ceci indépendamment de la liste numérique déjà mentionnée plus haut*

Les renseignements qui précèdent sont de simples indications destinées à préciser l'origine de la Conférence de Goma et à guider le lecteur dans ses recherches. C'est la lecture, et surtout la méditation des paroles adressées aux Congressistes par le Gouverneur Général du Congo et par le Président de la Conférence, au cours de la séance inaugurale, qui devront retenir l'attention de ceux qu'intéresse ou passionne le problème de la conservation des sols; elles les orienteront vers les développements contenus dans les « Rapports » et dans les comptes rendus des séances des sections et de la séance de clôture.

Le rapport du Secrétaire Général, qui se trouvera à la fin du troisième volume, contient les conclusions de la Conférence ainsi que l'énoncé de tous les vœux et recommandations émis et adoptés par les participants

ORGANISATION

Comité d'Honneur

PRESIDENTS — CHAIRMEN

MM. P. WIGNY, Ministre des Colonies

E. JUNGERS, Gouverneur Général du Congo Belge et du Ruanda-Urundi

VICE PRESIDENTS — VICE-CHAIRMEN

MM. L. PETILLON, Vice-Gouverneur Général du Congo Belge

M. VAN DEN ABEELE, Directeur Général des Affaires Economiques et de l'Agriculture au Ministère des Colonies, Président du Comité de Direction de l'Inéac

MEMBRES — MEMBERS

MM. LEFRANC, Administrateur Délégué de la Société Minière des Grands Lacs Africains.

A. LIESNARD, Inspecteur d'Etat, Gouverneur de la Province du Kivu

Ch. DE MALEINGREAU, Président de l'Union Agricole du Kivu.

M. SIMON, Gouverneur du territoire du Ruanda-Urundi

V. VAN STRAELEN, Professeur à l'Université de Gand, Directeur de l'Institut Royal des Sciences Naturelles, Président de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, Membre du Comité de Direction de l'Inéac.

Comité d'Organisation

PRESIDENT — CHAIRMAN

M. P. STANER, Docteur en Sciences, Directeur de l'Agriculture, de l'Elevage et des Forets au Ministère des Colonies, Chargé de Cours à l'Universite de Louvain.

VICE-PRESIDENTS — VICE-CHAIRMEN

MM. F. JURION, Ingénieur Agronome, Directeur Général en Afrique de l'Inéac

G. E. SLADDEN, Ingénieur Agronome, Directeur Général des Services de l'Agriculture, des Eaux et Forêts, de la Colonisation et du Service Vétérinaire du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi

MEMBRES — MEMBERS

MM. H. COLBACK, Docteur en médecine vétérinaire, Vétérinaire en Chef du Congo Belge et du Ruanda-Urundi.

G. COÛTEAUX, Ingénieur Agronome, Chef du Service de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de la Colonisation de la Province du Katanga

Groupe de participants à la Conférence Africaine des Sols (Photo P. van den Bergh.)

C. Dubois, Ingénieur Agronome, Chef du Service de l'Agronomie du Gouvernement Général.

E. Everaerts, Ingénieur Agronome, Chef du Service de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de la Colonisation du Territoire du Ruanda-Urundi.

G. Gilbert, Ingénieur Forestier, Maitre de Conférences a l'Université de Louvain, Chef de la Section des Recherches Scientifiques de l'Inéac

J. Henry, Ingénieur Agronome, Chef de la Section des Recherches Agronomiques de l'Inéac

P. Humblet, Ingénieur Forestier, Chef du Service des Eaux et Forêts du Gouvernement Général.

C Rossignol, Ingénieur Forestier, Chef du Service de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de la Colonisation de la Province du Kivu.

L Soyer, Ingénieur Agronome, Directeur Régional de l'Inéac au Katanga

G. Tondeur, Ingénieur Forestier, Chef de la Mission Anti-Erosive de la Direction de l'Agronomie du Gouvernement Général

SECRETAIRE GENERAL GENERAL SECRETARY

M J Lebrun, Docteur en Sciences, Chargé de Cours a l'Université de Louvain, Secrétaire Scientifique de l'Inéac

Liste des participants
List of Congress Members

I - DELEGUES

Portugal.

MM. Francisco MONTEIRO GRILLO, Ingénieur Agricole, Chef du Service de l'Agriculture du Mozambique, *Chef de la Délégation*

J. V BOTELHO DA COSTA, Ingénieur Agronome, Professeur à l'Institut Supérieur d'Agronomie de Lisbonne

CARLOS A GOULAO, Ingénieur Forestier Chef ad interim du Service Forestier de l'Angola

Southern Rhodesia.

MM. I. K CHORLEY, Director of Research and Specialist Services *Leader of the Delegation*

E D ALVORD, Director of Native Agriculture, General Agriculturist

B S ELLIS, Agricultural Chemistry Division, Soil Chemist

Union Française.

MM. A. AUBRÉVILLE, Inspecteur Général des Eaux et Forêts de la France d'Outre-Mer, *Chef de la Délégation*

J HENRY, Représentant la Direction des Affaires politiques du Ministère de la France d'Outre-Mer

Afrique Equatoriale Française (A E F)

MM. DROGUE, Ingénieur en Chef, Directeur de l'Agriculture, *Chef de la Délegation.*

A DAUZATS, Docteur en Médecine vetérinaire, Inspecteur General de l'Elevage au Gabon.

F FRANZINI, Conservateur des Eaux et Forêts Chef de Section de la Recherche forestière au Gabon

LUNDA, Président du Conseil représentatif du Moyen-Congo

J TROCHAIN, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, Directeur de l'Institut d'Etudes centrafricaines, représentant l'Office de la Recherche coloniale

Afrique Occidentale Française (A O. F).

MM ALBA, Inspecteur Général des Eaux et Forêts

SAGOT, Inspecteur Général de l'Agriculture

Cameroun

MM. LETOUZEY, Inspecteur Principal des Eaux et Fôrets

VAILLANT, Ingénieur des Services de l'Agriculture

Madagascar.

MM. PILET, Docteur en Médecine vétérinaire, Inspecteur en Chef, Chef du Service de l'Elevage

PUVIS, Inspecteur Général de l'Agriculture, Chef du Service de l'Agriculture.

F SABOUREAU, Conservateur des Eaux et Forêts, Chef du Service des Réserves naturelles

The United Kingdom, the British Colonies.

MM G F CLAY, C.M.O.B.E., M.C., Agricultural Adviser. Colonial Office *Leader of the Delegation.*

W A ROBERTSON, Forestry Adviser, Colonial Office

British East Africa

MM B A KEEN, F R.S., D.Sc., Director of the East African Agriculture and Forestry Research Organisation. *Leader of the Delegation*

W J. BADDOCK, Chief Soil Conservation Officer, Nyassaland

W J EGGELING, Conservator of Forests Uganda

G H GETHIN JONES, M. Sc., Soil Chemist Kenya

G GRIFFITH, Senior Chemist, Agricultural Department Uganda

H. E HORNBY, Veterinary Research Officer, Tanganyika Territory.

A C MAHER, M A, Senior Soil Conservation Officer. Kenya

A S WATSON, Veterinary Officer, Nyassaland

British West Africa

MM F S COLLIER, Chief Conservator of Forests Nigeria *Leader of the Delegation*

The Honorable BOWARI BROWN, Member of the Nigerian Legislative Council Nigeria

C J CHARTER, Chief Soil Scientist, Gold Coast

A FOGGIE, Senior Assistant Conservator of Forest, Gold Coast (At present Chief Conservator of Forest p i)

P A GETHING, Agronomist, Nigeria

J McCULLOCH, Veterinary Officer, Nigeria

J OFARI TORTO, Agricultural Officer, Gold Coast

C RAEBURN, Director of Geological Survey, Nigeria

Northern Rhodesia

MM C E DUFF, Conservator of Forests

C G TRAPNELL, Ecologist

Union Sud-Africaine.

MM J C BOSS, B.A, Ph. D., Director of Soil Conservation and Extension *Leader of the Delegation.*

J VAN GARDEREN, Director of the Division of the Chemical Service (Soils).

F X. LAUBSCHER, Principal Field Husbandry Officer

E D. ADLER, Senior Professional Officer Publicity

J W ROWLAND, D. Sc., Principal Pasture Research Officer

J J. O. PAZZI, D. Sc., Senior Engineer

C. L. WICHT, D. Sc., Chief Forestry Research Officer

H. L. TASWELL, Consul de l'Union Sud-Africaine à Elisabethville.

L. H. COLETT, Basutoland delegate

Belgique.

1. *Ministère des Colonies*

M. P. STANER, Docteur en Sciences, Directeur de l'Agriculture, des Forêts et de l'Elevage au Ministère des Colonies, Chargé de Cours à l'Université de Louvain

2. *Services officiels du Congo Belge*

MM. G. E. SLADDEN, Ingénieur Agronome, Directeur Général des Services de l'Agriculture, des Eaux et Forêts, de la Colonisation et du Service Vétérinaire du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi, Membre de l'Institut Royal Colonial

F. CORIN, Ingénieur Géologue, Directeur Général des Affaires économiques, des Mines, de la Géologie et des Terres du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi.

H. COLBACK, Docteur en Médecine vétérinaire, Vétérinaire en Chef Chef du Service vétérinaire du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi

G. DUBOIS, Ingénieur Agronome, Chef du Service de l'Agriculture du Gouvernement Général du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi

P. HUMBLET, Ingénieur forestier, Chef du Service des Eaux et Forêts du Gouvernement Général du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi

Ch. MOREAU, Docteur en Droit, Chef du Service de la Justice au Gouvernement Général du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi

Th. ELS, Docteur en médecine vétérinaire, Chef du Service vétérinaire de la Province orientale.

R. GUYAUX, Docteur en Médecine vétérinaire, Chef du Service vétérinaire de la Province du Kivu

G. COÛTEAUX, Ingénieur agronome, Chef du Service Provincial de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de la Colonisation de la Province du Katanga

C. ROSSIGNOL, Ingénieur forestier, Chef du Service Provincial de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de la Colonisation de la Province du Katanga

D. MICHOTTE, Ingénieur agronome, Chef du Service Provincial de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de la Colonisation de la Province Orientale

J. LAURENT, Ingénieur agronome, Agronome au Kivu

J. HUGE, Ingénieur géologue, Adjoint à la Direction du Service Geologique du Gouvernement Général du Congo Belge et du Territoire du Ruanda-Urundi.

P. GOMEZ, Ingénieur forestier, Forestier de l'Ituri

M. JAUMAIN, Agronome au Kivu.

3. *Mission anti-érosive du Gouvernement Général*

MM. G. TONDEUR, Ingénieur forestier, Chef de la Mission

P. LIÉGEOIS, Ingénieur forestier, Assistant à la Mission

L. COLLEAUX, Ingénieur du Génie rural, Assistant à la Mission

J. LOZET, Ingénieur agronome, Assistant à la Mission.

E. MALDAGUE, Gradué en sciences agronomiques, Assist. à la Mission

4. *Territoire du Ruanda-Urundi.*

MUTARA RUDAHIGWA, Mwami du Ruanda

5 *Services officiels du Territoire du Ruanda-Urundi.*

MM E Everaerts, Ingénieur agronome, Chef du Service de l'Agriculture du Ruanda-Urundi.

J. Wéry, Docteur en Médecine vétérinaire, Directeur du Laboratoire vétérinaire de Kisenyi

C. Weber, Docteur en Médecine vétérinaire à Kisenyi.

T Wikior, Docteur en Médecine vétérinaire, Adjoint au Laboratoire Vétérinaire de Kisenyi.

A Gillet, Ingénieur forestier, Chef du Service forestier du Ruanda-Urundi

J Lens, Gradue en Sciences agronomiques, Agronome au Ruanda.

6 *Institut National pour l'Etude agronomique du Congo Belge (Inéac).*

MM F. Jurion, Ingénieur agronome, Directeur Général en Afrique.

J Lebrun, Docteur en Sciences, Secrétaire Scientifique, Chargé de cours a l'Université de Louvain

L Soyer, Ingénieur agronome, Directeur régional au Katanga

G Gilbert, Ingénieur forestier, Chef de la Section des Recherches scientifiques, Maitre de Conférences a l'Université de Louvain.

J Henry, Ingenieur agronome, Chef de la Section des Recherches agronomiques

J Malcorps, Ingénieur civil, Chargé de Mission, Professeur à l'Université de Louvain.

M Lecomte, Ingénieur agronome, Directeur de la Station expérimentale de Bambesa

R Germain, Ingénieur forestier, Licencié en Sciences, Chef de la Division de Botanique

F Hendrickx, Ingénieur agronome, Licencié en Sciences, Directeur de la Station de Mulungu

J Muller, Ingenieur agonome Chef de la Division des plantes vivrieres

J Rossignol, Ingénieur agronome, Directeur de la Station expérimentale de Nioka

A Focan, Ingénieur en Chimie agricole, Chef a i de la Division d'Agrologie

E Bernard, Licencie en Sciences physiques, Chef de la Division de Climatologie, Membre correspondant de l'Institut Royal Colonial

A. Taton, Ingénieur agronome, Assistant à la Division de Botanique, Agrostologiste a la Station expérimentale de Nioka

J Croegaert, Ingénieur en Chimie agricole, Assistant à la Division d'Agrologie

J D'Hoore, Ingénieur en Chimie agricole, Assistant à la Division d'Agrologie

J. Fripiat, Licencié en Sciences chimiques, Assistant à la Division d'Agrologie.

F Smeyers, Ingénieur Forestier, Assistant à la Division forestière, Forestier a la Station expérimentale de Nioka.

7 *Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge.*

M. V. Van Straelen, Docteur en Sciences, Président de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, Directeur de l'Institut Royal des Sciences naturelles, Membre du Comité de Direction de l'Inéac, Professeur à l'Université de Gand, Membre de l'Académie Royale des Sciences, Membre de l'Institut Royal Colonial.

Major F. Van Cools, Conservateur du Parc National Albert.

8. *Institut pour la recherche scientifique en Afrique centrale (Irsac)*

M. L. Van den Berghe, Docteur en Médecine, Docteur en Sciences, Directeur de l'Irsac, Professeur à l'Institut de Médecine tropicale

9. *Office des produits agricoles de Costermansville.*

MM F Simonart, Gradué en Sciences agricoles, Directeur

R. Permanne, Ingénieur agricole.

J. Schumackers, Ingénieur agronome.

II. — OBSERVATEURS

Etats-Unis d'Amérique.

M R-L Pendleton, Professor, The Johns Hopkins University, Baltimore Department of Agriculture.

F. A. O. (Food and Agriculture Organisation of the United Nations)

MM S-B. Show, Chief Forestry Branch

P. Terver, Ingénieur forestier, Chef de la Section de Technologie de l'Industrie du Bois.

Privés.

MM. S. de Blanck, Department Plantations, United Africa C°, London

J de Brabandère, Ingénieur agronome, Directeur du Domaine du Comité National du Kivu

J. Burnotte, Ingénieur forestier, Pédologue du Comité National du Kivu

R. P. Celis, Directeur de l'Ecole Normale de Mule (Kivu).

Claisse, Directeur des Plantations de la Compagnie cotonnière congolaise.

L Coulet, Firme Nossin, Papelier et Cie, Costermansville

A Debra, Ingénieur forestier du Service agricole de l'Union Minière du Haut-Katanga.

E. Foscolo, Ingénieur agronome, Chef des Services agronomiques de la Société des Mines d'or de Kilo-Moto

Gielen, Directeur de l'Union chimique au Congo Belge

J. Hoed, Ingénieur agronome, Représentant le Comptoir Général des Potasses d'Alsace.

Lanères, Directeur de la Compagnie de la Ruzizi.

de Laveleye, Ingénieur d'Agriculture coloniale (Nogent-sur-Marne) Représentant de la Société Adeco.

A. Le Brun, Gradué en Sciences agronomiques, Colon au Kivu

A. Lhoas, Ingénieur forestier, Chef des Services forestiers du Comité Spécial du Katanga.

Ch de Maleingreau, Président de l'Union agricole du Kivu

T d'Otsolig, Ingénieur agronome, Conseiller technique de la Comuele (Société Commerciale et Minière de l'Uele).

L Piedbœuf, Ingénieur agronome, Colon au Kivu

R. Rosseels, Gradué en Sciences agronomiques, Pédologue de la Société de Colonisation agricole au Mayumbe (S.C.A.M.)

P. Saillez, Propriétaire du Journal « Centre-Afrique ».

H. Stainier, Ingénieur agronome, Directeur des Etablissem. de Beve

T. Sterckx, Propriétaire du Journal « L'Echo du Kivu ».

J Thirion, Ingénieur forestier, Pédologue du Comité National du Kivu.

P. VAN DEN BERGH VAN HEEMSTEDE, Ingénieur agronome, Directeur de la Société Auxiliaire Agricole du Kivu (S.A.A.K.).

III — SECRETARIAT

MM. DELHAYE, Gradué en Sciences agronomiques, Attaché à la Mission antiérosive, Secrétaire.

R. LUCAS, Secrétaire du Comité National du Kivu, Chef du Service dactylographique.

M. OUDENNE, Chef du Laboratoire Café (P P A C)

Mme J. DELHAYE, Secrétaire adjoint

Mme DUHOT, Sténo-dactylographe.

Mme LENOTTE, Sténo-dactylographe

Mme LUCIANO, Sténo-dactylographe.

Mlle PERMANNE, Sténo-dactylographe.

Mme SOMMEREYNS, Sténo-dactylographe.

Mlle THYSSENS, Sténo-dactylographe

M PHOCAS Clerc dactylographe

INTERPRETES

MM BARKER, Interprete de la délégation britannique.

GANSHOF VAN DER MEERSCH, Avocat à Costermansville

SNYERS, de Goma.

THORNTON, de Costermansville

Mme THORNTON, de Costermansville

Liste des communications présentées à la Conférence

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
1	C L WICHT	The role of South African forestry in the conservation of natural ressources	1	III
2	J FRANC DE FERRIÈRE	pH et potasse assimilable en terres cultivées à La Guadeloupe	4	II
3	C DELEVOY	Note relative à la conservation des sols au Katanga	5	I
4	J CROEGAERT	Notice pédologique sur la culture du cacaoyer au Congo belge	1	IV
5	J J O PAZZI	The technique of anti-erosion operations (The engineering aspect of soil conservation)	3	I
6	J W ROWLAND	The place of pastures in soil conservation	3	IV
7	J A VAN RENSBURG	Fitting animal production in the Union into the soil conservation pattern	3	IV
8	F X LAUBSCHER	Crop production in relation to soil conservation	3	II
9	J VAN GARDEREN	Soil survey and Pedological Studies in relation to soil conservation in South Africa	1	I
10	J C ROSS	Land use and soil conservation in the Union of South Africa	5	I
11	J E OPSOMER	La mise en valeur des terrains soumis aux crues des rivieres	1	IV
12	UNELCO	1 L'incendie méthodique des pâtures dans les grands elevages de bovidés au Congo	3	V
		2° Les clôtures metalliques dans les grands élevages du Congo.	3	IV
13	J DU BOIS	Contribution à l'étude de la conservation du sol au Congo belge	1	IV
14	R. PORTÈRES	Nouvelle systematisation des types d'agriculture au travers de la notion du climax de domestication.	5	I
15	R PORTÈRES	Les plantes indicatrices du niveau de fertilité du complexe cultural édapho-climatique en Afrique tropicale.	1	III
16	R PORTÈRES	La notion d'un climax de domestication et les systemes de culture.	5	I
17	M FERRAND	Intensivité de l'agriculture, mécanisation et maintien de la fertilité des sols entre les tropiques.	2	I

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
18	F. SABOUREAU	La dégradation des sols à Madagascar.	2	I
19	M. P. SEGALEN	L'érosion des sols à Madagascar.	2	I
20	SERVICE DE L'ELEVAGE DE MADAGASCAR	Les feux de brousse à Madagascar	3	V
21	H. BÉSAIRIE	Deux exemples d'érosion accélérée à Madagascar	2	I
22	A. AUBRÉVILLE	Ancienneté de la destruction de la couverture forestière primitive de l'Afrique tropicale	2	II
23	V. DOMMERGUES	L'exécution de la carte forestière de la province de Fianarantsoa	1	I
24	R. RUYSSEN	Enquête sur la dégradation des sols et sur les moyens d'assurer leur protection dans les cercles de Dori et de Tilaberi (Niger)	2	I
25	M. RECEVEUR	Note sur 1° Les feux de brousse en fonction de l'élevage	3	V
		2° Rotation, amélioration des pâturages et transhumance saisonnière au Tchad	3	V
26	A. VAILLANT	L'érosion du sol dans le massif du Mandara (Nord-Cameroun)	2	I
27	H. JACQUES-FÉLIX et R. BÉTRÉMIEUX	Etude de quelques sols tropicaux.	1	II
28	E. ROBIN	Sur la dégradation du sol dans quelques régions menacées au Togo	2	I
29	R. BÉTRÉMIEUX	Les sols du Moyen-Logone et de la zone de capture	1	II
30	Ch. LEMAITRE	Moyens propres à parer à l'usure des sols dans l'Est du Territoire du Niger	3	II
31	A. MARCHAL	Les conséquences du labour à la charrue dans les sols légers Sahéliens	4	I
32	P. GUILLEMET	Considérations sur l'évolution régressive des terres de culture en Afrique équatoriale française	3	II
33	A. CHEVALIER	Points de vue nouveaux sur les sols d'Afrique tropicale, sur leur dégradation et leur conservation	2	I
34	R. BÉTRÉMIEUX	Sur le dosage des sesquioxydes hydratés libres. Comparaison sommaire de trois méthodes	1	I
35	F. FRANZINI	L'enrichissement de la forêt du Gabon et ses répercussions sur la conservation des sols.	5	III
36	R. SCHNELL	Sur quelques cas de dégradation de la végétation et du sol, observés en Afrique occidentale française.	2	II

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
37	R. Schnell	Observations sur l'instabilite de certaines forêts de la Haute Guinée en rapport avec le modèle et la nature du sol.	1	III
38	Office de la Recherche scientifique coloniale	Etudes des sols des territoires français d'outremer.	1	II
39	M. Letouzey	Feux précoces au Cameroun.	3	V
40	C. Rossignol	Travaux forestiers à but conservatoire entrepris en province du Kivu	5	III
41	C. F. Charter	Methods of soils survey in use in the Gold Coast.	1	I
42	F. C. Deighton	Agriculture and forestry in relation to soil and water conservation in Sierra Leone	2	I
43	J. W du Preez	Laterite : A general discussion with a description of Nigerian occurrences.	1	I
44	A. T Grove	Farming systems and erosion on some sandy soils in South-Eastern Nigeria	5	I
45	J. Mc Culloch	Grazing improvament in Bamenda. Division Cameroons under British Mandats.	3	IV
46	C. Raeburn and J. W. du Preez	Water resources, minor irrigation schemes and soil conservation· Jos Plateau, Nigeria.	3	II
47	L. R. Eeckhout	Les études de saturation au Kivu	5	II
48	R. Thomas	Petite contribution à l'étude de l'écologie de la région de Costermansville.	1	III
49	A Vanden Plas	Aperçu sur la climatologie du sol au Congo belge.	1	III
50	Colin Maher	Study of the methods of propaganda and education.	5	IV
51	Colin Maher	Study of the farming systems in their relation to soil conservation: a) Mixed farming; b) Grass and bush fallows.	3	II
52	Colin Maher	Economic and social studies in their relation to soil conservation.	5	IV
53	Colin Maher	Soils conservation methods	3	II
54	G. Griffith	Fertilizer studies in Uganda	4	II
55	R. K. Kerkham and E. Williams	Grass fallow in Uganda. — Rotations and effect of Farm Yard Manure.	3	III
56	J. Muir	Notes on the agenda.	5	I
57	W. J. Eggeling	Land utilisation with special reference to forestry.	5	III
58	D. Thornton	Land-use adjustements for soil conservation Tanganyika Territory.	5	I

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
59	D G B. LEAKEY	Changes in systems of cultivation aimed at limiting soil degradation by development of the cultivation of perennial tree crops in the central province of Kenya Colony.	5	I
60	R THOMAS	Contribution à l'étude de l'écologie des formations forestières et savanes congolaises	1	III
61	A DE CRAENE	De la vocation des sols en région montagneuse de l'Ituri.	4	II
62	P. VIGUIER	Note sur le maintien de la fertilité des terres irriguées du Delta central du Niger	4	II
63	R MAIGNIEN	La matière organique et l'eau dans les sols des regions N.-Ouest du Sénégal.	1	II
64	A MALLAMAIRE	Note sur quelques maladies des légumineuses d'ombrage et de couverture en Afrique occidentale	3	III
65	F FOURNIER et S HÉNIN	Influence des facteurs climatiques sur l'érosion du sol.	2	II
66	G AUBERT	Observations sur le rôle de l'érosion dans la formation de la cuirasse latéritique.	2	II
67	M RENARD	Les feux de brousse du Soudan.	3	V
68	M RENARD	La régénération des terres épuisées du Soudan français.	5	I
69	P VIGUIER	Note sur la prospection pédologique des terres à ménager dans le Delta central nigérien	1	IV
70	SERVICE DE L'AGRICULTURE DU SÉNÉGAL	Mémoire concernant les mesures prises ou à prendre pour conserver aux terres à arachides leur potentiel de fertilité	3	II
71	BELLOUARD	Erosion des sols du Sénégal oriental, du Soudan occidental et du Fouta-Djallon.	2	I
72	H JACQUES-FELIX	A propos des savanes côtieres de l'Ouest africain	1	III
73	M. HUMBERT	La degradation des sols a Madagascar	2	I
74	GUILLOTEAU	Enquête sur la dégradation des sols en Afrique occidentale française et au Cameroun.	2	I
75	Prof. J. V. BOTELHO DA COSTA et A. LOBO AZEVEDO	Characteristics and distribution of some soil groups of Angola	1	II
76	A. CHEVALIER	Biogéographie et écologie de la forêt dense ombrophile de la Côte d'Ivoire.	1	III

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
77	J. M BASTOS DE MACEDO	Dehydratation curves of some soils of Angola.	1	II
78	L PEREIRA COUTINHO	On the simplification of the chemical examination of soil samples	1	I
79	L PEREIRA COUTINHO	A method for talking soil profils	1	I
80	L PEREIRA COUTINHO	A brief report on peat lands of Mozambique.	1	II
81	A. FOGGIE	Forest reservation in the Gold Coast	1	III
82	FORESTRY DEPARTMENT NIGERIA	The allocation of land for rural use together with a consideration of forestry problems in relation to peasant economy	5	III
83	G GRIFFITH	Fertility problems in Uganda	3	III
84	H. F HORNBY	Tsetse problems in relation to those of soil conservation	[illegible]	I
85	G H GETHIN JONES	Local supplies of phosphates the preparation of sodaphosphate and some notes on its manurial value	4	II
86	L E. ELCKHOUT	Monographie agricole de la region d'Ikoma (Kivu)	5	I
87	J F LAURENT	Amelioration par groupements indigenes de culture coopérative	[illegible]	I
88	M. M H JAUMAIN	La conservation des sols et la rentabilite des cultures indigenes en territoire de Lubero et zone Bashu, Beni	5	I
89	B A KEEN	The effect of mechanical cultivation on soil degradation	4	I
90	B. A. KEEN	Economic and social aspects of cooperative and collective farming systems	5	IV
91	F. CORIN, A EGOROFF, J HUGE, G. WAEGEMANS	Note sur l'etude par le Service geologique du Congo belge de quelques phenomenes d'altération au Bas-Congo	1	II
92	D. C. EDWARDS	Conservation of vegetation in East Africa	1	III
93	G H GETHIN JONES	A suggested simple pot culture technique for studying the relative « Earley availability » of different classes of phosphatic fertilizers when added to different soil types under different conditions.	4	II
94	C G TRAPNELL, J. D. MARTIN, W. ALLAN	Vegetation-soil map of Northern Rhodesia.	1	II
95	M. ENGELBEEN	Projet d'érection d'un comité inter-africain de coordination pour la protection du sol.	5	V
96	E. H. J. STOFFELS	Les systèmes de cultures et la fertilité des terres	3	II

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
97	M Engelbeen	Orientation générale de la selection de *Cinchona ledgeriana* Moens au Kivu (Congo belge)	3	II
98	M Engelbeen	L'appoint des biomathematiques aux problèmes agronomiques	1	III
99	P. Gomez	L'organisation forestiere du Haut- et du Moyen-Ituri dans le cadre du double probleme de la reforestation et de la conservation des sols de ces régions d'altitude	5	III
100	R L Steyaert	Le probleme des pourridiés dans les cultures arbustives tropicales et sa portée sur les techniques d'ouverture des plantations.	3	II
101	S Bouyer	Contribution à l'étude agrologique des sols du Sénegal (Casamance exceptée).	1	IV
102	A Taton	Les principales associations herbeuses de la région de Nioka et leur valeur agrostologique	2	IV
103	G Aubert et R Maignien	L'érosion éolienne dans le nord du Sénégal et du Soudan francais.	2	I
104	R Chaminade	La pédogenèse et les types de sols à Madagascar.	1	II
105	R Vandenput	Un probleme urgent à résoudre	3	II
106	R A Rossells	Pédogénèse des formations du système du Mayumbe.	1	II
107	P Viguier	Note sur les essais de vulgarisation d'une agriculture rationnelle au Soudan français.	5	I
108	Service de l'Elevage de Madagascar	La raquette inerme dans la lutte contre l'érosion éolienne.	3	I
109	A Dauzats	Protection des sols.	3	II
110		Dégradation des sols en Côte d'Ivoire	2	I
111	R Dugast	Résultats d'essais comparatifs effectués à la Station expérimentale agricole de l'Office du Niger.	4	II
112	J. Adam	Dégradation de la végétation aux sources du Niger.	2	II
113	E Foscolo	Bétail de boucherie Un élevage à Jugu (Ituri)	3	IV
114	J L. Burnotte	Introduction à l'étude des sols de la plaine de la Ruzizi	1	II
115	E. Foscolo	Cultures, jachères et engrais verts	3	III
116	E L. De Lapersonne	Usure physique et chimique des sols de la région volcanique Ouest Cameroun.	2	I

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
117	H. MASSON	La température du sol au cours d'un feu de brousse au Sénégal.	3	V
118	R. L PENDLETON	Importance of shrubs for livestock feeding in humid tropical regions.	3	IV
119	F. L. HENDRICKX et J HENDERICKX	La jachere bananiere	3	III
120	P. LELOUX	Note au sujet de la conservation des sols.	3	III
121	J. LOZET	Sur la presence de types de solontchaks dans la vallée de la Ruzizi	1	II
122	J M LIÉNART	La culture du quinquina au Congo belge et la conservation du sol	3	II
123	B S ELLIS	Note on a suggested description of sub-tropical soils	1	II
124	W. J BADCOCK	An approach to soil conservation	5	I
125	B E ELLIS	A note on Mopani soils	1	II
126	J GAUTIER	Quelques idées sur une organisation agricole de l'Afrique centrale francaise	3	II
127	H. DUBOIS et M LECOMTE	Note sur la conservation des sols et la régénération forestière à la station et dans le paysannat de Bambesa	5	IV
128	G TONDEUR	Surpopulation et deplacement de populations	5	II
129	M GUILLAUME	Le probleme de la conservation des sols dans les territoires français de l'Afrique noire	5	I
130	G. H G GETHIN JONES	Suggestion for systematic soil classification and nomenclature	1	I
131	J LENS	Note sur quelques essais et realisations pratiques de travaux anti-erosion au Ruanda-Urundi	3	I
132	V DRACHOUSSOFF	Note sur la dégradation des sols dans la région du rail Matadi-Léopoldville	2	I
133	Ch. BOUVET	Note sur la dégradation et l'erosion des sols du Haut-Ituri	2	I
134	R L PENDLETON	What can be done to facilitate the classification of Africa soils.	1	I
135	E D ALVORD	Agricultural extension and demonstration methods amongst Africa peasent farmers.	5	IV
136	F. L HENDRICKX	Contribution à l'étude de la flore adventice des plantations de caféiers (*C arabica* L.).	1	III
137	A FOCAN et W MULLENDERS	Communication préliminaire sur un essai de cartographie pédologique et phyto-sociologique dans le Haut-Lomami	1	II

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
138	H. LAUDELOUT, J. L D'HOORE, J J FRIPIAT	Influence des microorganismes sur certaines propriétés physico-chimiques des sols de Yangambi.	1	II
139	J J FRIPIAT	Note sur le comportement vis-a-vis de l'eau de quelques sols du Congo belge	1	II
140	E. A BERNARD	Le danger du raisonnement dans l'étude interprétative des complexes naturels.	1	III
141	F THIRION et G GEORTAY	Le maintien de la fertilité du sol dans la caféière Robusta	3	II
142	A. FOCAN, J L D'HOORE, J. J FRIPIAT	Essai de classification des types de sols de la region de Kaniama	1	II
143	J L D'HOORE	Les composes du fer dans le sol. Quelques notes concernant leur composition, leur rôle, leur étude, leur importance	1	I
144	A FOCAN	Sur quelques notions texturales dans les sols congolais	1	II
145	J J FRIPIAT J L D'HOORE R GERMAIN	Etude de la variation de la structure des sols soumis a differents modes de traitements	1	II
146	COMMISSION POUR L'ETUDE DE LA JACHÈRE DU CENTRE DE RECHERCHES DE YANGAMBI	Systèmes culturaux applicables a la production des plantes annuelles en zone équatoriale congolaise	3	III
147	E A BERNARD	Pour plus d'objectivité ecoclimatique dans le probleme de la conservation des sols africains	1	III
148	W KUCZAROW	Quelques considerations sur la jachère à graminees	3	III
149	F SMEYERS	Note sur quelques peuplements artificiels de l'Ituri	1	III
150	H LAUDELOUT	Quelques caracteristiques microbiologiques du sol des iles du fleuve Congo	1	II
151	H LAUDELOUT et G GILBERT	Quelques caractéristiques microbiologiques de profils de forêts de la cuvette centrale.	1	II
152	A RINGOET	La transpiration des végétaux en relation avec l'humidité du sol	1	III
153	I. DENISOFF et R DEVRED	Note préliminaire de géomorphologie de la réserve forestière de M'Vuazi	1	II
154	J. BRYNAERT et L TOUSSAINT	Etude pédo-botanique et propositions d'aménagement agricole et forestier des savanes dégradées de la région Nord de Matadi	1	II
155	J. NOYEN	Possibilités d'augmentation des rendements des principales cultures indigènes au Lomami.	5	I

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
156	J. Maes	Note relative a l'amélioration du sol en milieu indigène par l'application de la jachere.	3	III
157	A. Debra	Sur un curieux mode de preparation du sol pratiqué par les Dimbundu, Kalunda, Kachokwe et Kalwena a Kipushi.	3	II
158	A. Debra	Fabrication massive de fumier artificiel dans les camps de l'U.M H.K	4	II
159	D. Michotte	Appropriation des forêts primaires	5	III
160	D. Michotte	Pour une législation en vue de la conservation des sols.	5	V
161	D. J. B. Ruscart	Note sur les guanos des grottes dites « Les Homas du Mont Hoyo »	4	II
162	J. Dubois	Note sur la formation de l'humus après enfouissement de matières végétales.	3	II
163	J. Dubois	Esquisse des différents types de sols de la moitié sud du Sénégal.	1	II
164	J. Dubois	Note sur l'ensablement des Niayes de M'Boro et recherche d'un moyen efficace de lutte.	1	III
165	J. Dubois	Méthodes de prospection et de cartographie des sols employées au Sénégal pour la recherche des terres à arachides	1	II
166	Th. d'Otsolig et G. O. Neuville	La conservation du sol dans les plantations industrielles de café Robusta de la Société commerciale et miniere de l'Uélé	3	II
167	F. Ciolina	L'hydraulique agricole et la conservation des sols.	3	II
168	Service Météorologique du Congo belge	Note pour la Conférence des Sols	1	III
169	P Goedert	Resume de l'action favorable et défavorable des éléments météorologiques (chaleur et précipitations sur le sol en Afrique).	1	III
170	R. Pichel et E Bernard	Données preliminaires sur l'écoclimatologie comparée du couvert de divers clones d'Hevea et les influences sur le recrû naturel.	1	III
171	J. De Jaegher	Standardisation des méthodes d'analyse et de prospection des sols.	1	I
172	L. Colleaux	Houille blanche et conservation du sol	2	I
173	C. Donis	Note sur la podzolisation au Mayumbe.	1	II

Nos	AUTEURS	TITRES	Sections	Groupes
174	R. Germain et H. Laudelout	Variation du recrû et de la microflore sous *Hevea brasiliensis*.	1	III
175	L. A. Valente de Almeida	Potasse et phosphore de quelques sols de l'Angola.	1	I
176	D Michotte	Projet d'aménagement agricole du Haut-Ituri	5	I
177	J Schoolmeesters et D Michotte	Plan de cultures du domaine de la famille Balibatsi.	5	I
178	M. A Loeckx	Plan de cultures de la famille Jupaliri	5	I
179	N. Rogier et A Lyon-Caen	La culture mécanique de l'arachide et la conservation des sols dans la région schisto-calcaire du Moyen-Congo	4	I
180	J Muller	Inconvenients du lotissement des couloirs.	3	II

AGENDA

DIMANCHE 7 NOVEMBRE

17 h 30 Reception des participants à la Conférence par M le Gouverneur Général du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, à l'Hôtel des Volcans, à Goma

LUNDI 8 NOVEMBRE

9 h 00 Seance inaugurale (Hôtel des Volcans)
Discours de M. E Jungers, Gouverneur Général du Congo Belge et du Ruanda-Urundi
Discours de M P. Staner, President de la Conférence.
Constitution du Bureau des Sections et du Comité des Résolutions

14 h 30 Réunion des Sections

MARDI 9 NOVEMBRE

Excursion d'etude a Butembo

MERCREDI 10 NOVEMBRE

Retour de l'excursion a Butembo et visite du Parc National Albert par la piste de Vitshumbi
Examen de certains profils

JEUDI 11 NOVEMBRE

8 à 11 h.: Réunion des Sections.
11 h. 15 : Commémoration de l'Armistice au Cimetière de Kibati (Campagne 1914-1918)

14 h. 30 à 16 h.. Réunion des Sections.
16 h 30 Kisenyi . Danse des Intore du Ruanda (première partie)

VENDREDI 12 NOVEMBRE

8 à 12 h.: Réunion des Sections

14 h. 30 à 16 h.: Réunion des Sections

16 h 30 Kisenyi : Danse des Intore du Ruanda (deuxième partie)

SAMEDI 13 NOVEMBRE

8 à 12 h. Réunion des Sections

14 h. 30 à 16 h.: Réunion des Sections

16 h 30 Excursion dans la Plaine de lave

DIMANCHE 14 NOVEMBRE

9 à 12 h Réunion des Sections

14 h 30 Réunion des Sections

LUNDI 15 NOVEMBRE

Excursion d'étude au Ruanda

MARDI 16 NOVEMBRE

8 à 12 h. Réunion des Bureaux des Sections et du Comité des Résolutions

Excursion d'étude au Bugoye pour les autres participants

14 h. 30 Séance de clôture :

Rapport du Secrétaire Général

Allocution de M. G. E SLADDEN, Directeur Général du Service de l'Agriculture, de l'Elevage et des Forets du Congo Belge et du Ruanda-Urundi

SÉANCE INAUGURALE

*La séance inaugurale s'ouvrit le 8 novembre, à 9 heures, dans la grande salle de l'*Hôtel des Volcans, *à Goma. Elle groupait les délégués participant à la Conférence (dont les noms figurent sur la liste qui précède, pages 10 et suivantes) et de nombreux invités.*

Lecture fut donnée aux Congressistes du télégramme envoyé au Gouverneur Général par M P. Wigny, Ministre des Colonies, marquant le grand intérêt qu'il témoignait aux travaux de la Conférence, et rédigé dans les termes suivants .

Télégramme de M. Wigny, Ministre des Colonies

A l'occasion de la Conférence Africaine des Sols, vous serais obligé faire part au président ainsi qu'aux délégués étrangers et belges mon grand intérêt aux travaux dont les résultats ne manqueront pas d'avoir la plus heureuse influence sur l'agriculture africaine.

P WIGNY.

Discours de M. E. Jungers, Gouverneur Général

MESSIEURS,

C'est pour moi un réel plaisir de vous souhaiter la bienvenue à Goma et une grande satisfaction d'ouvrir la Conférence africaine des Sols qui vous réunit en terre congolaise.

J'ai tenu à vous prouver, par ma présence et mes paroles, l'importance toute particulière que j'attache aux multiples et délicats problèmes posés par la conservation des sols africains. L'inquiétude que nous cause la menace qui pèse sur notre avenir commence à être ressentie dans la masse; elle y éveille heureusement la conviction qu'il faut agir sans tarder, malgré l'ampleur et le coût élevé des moyens à mettre en œuvre.

La vie de populations entières dépend du courage et de la volonté de vaincre dont nous ferons preuve dans notre lutte contre les agents destructeurs de la nature. Le combat, le dur combat, dans lequel nous sommes engagés, nécessitera la collaboration de tous pour qu'il puisse

se poursuivre. Je dis « se poursuivre »; car il serait vain de croire à une victoire décisive qui mettrait fin, une fois pour toutes, à un conflit qui nous oppose à des forces éternelles.

J'entends par collaboration de tous, la mise en commun du travail des chercheurs et des réalisateurs, sans distinction de discipline, de nationalité et de race.

Le problème, à la solution duquel vous contribuerez par l'apport de votre science et de votre expérience, est avant tout un problème humain. Son élévation lui confère un caractère universel, qui doit faire tomber dans l'oubli les notions de frontière et de couleur

En répondant à notre appel, de tous les coins d'Afrique et d'Europe, vous nous avez apporté l'assurance réconfortante que vous êtes animés d'une volonté égale à la nôtre de regagner pas à pas et à n'importe quel prix, le terrain qui a été perdu.

Vous nous avez donné, en même temps, la preuve tangible de l'esprit de coopération qui anime les nations européennes en Afrique dans la poursuite de leur but commun · leur œuvre civilisatrice.

Je vous remercie.

Le maintien du sol, le maintien de sa fertilité, n'est pas un problème neuf. L'homme primitif l'a résolu le jour où il a constaté, sans pouvoir l'expliquer, l'action régénératrice de la jachère. Mais l'homme s'est multiplié et ses besoins se sont accrus. En de nombreux points du monde, l'équilibre entre les exigences de l'homme et la faculté de récupération de la terre a été rompu, entraînant ainsi un tarissement progressif des sources de nourriture. C'est pourquoi de vastes surfaces du globe ont vu partir ou s'éteindre les populations qui les occupaient

Dans bien des régions de notre Colonie, le mal existe sans y exercer une menace immédiate. Dans d'autres, par contre, la surcharge humaine et animale est telle qu'elle nécessite une action puissante et rapide, pour ralentir l'extension du mal d'abord, l'enrayer ensuite afin de reconstituer progressivement la fertilité du sol, là où sa faculté de récupération n'a pas complètement disparu.

Dans l'Est de la Colonie et dans le Territoire du Ruanda-Urundi, la terre est exploitée au-delà de ses possibilités. Dans ce dernier pays, dix hectares doivent nourrir sept personnes et deux vaches, sans compter la volaille, les ovidés, et cela dans une contrée au relief tourmenté, où les pentes érodées et incultes sont nombreuses, où les marais couvrent de larges étendues

Nous pouvons agir sur le bétail, en réduisant les effectifs des troupeaux. Mais nous sommes désarmés lorsqu'il s'agit des populations dont l'accroissement échappe à notre contrôle — accroissement qui subit l'influence stimulante de notre action médicale, de notre politique agricole, de l'importation de vivres en cas de disette, de la paix,

— bref de la disparition presque complète des facteurs qui, dans le passé, entravaient la multiplication des hommes.

M. Pierre Gourou, professeur à la Faculté des Lettres de Bordeaux et à l'Université Libre de Bruxelles, dans son beau livre récent « Les Pays Tropicaux, Principes d'une géographie humaine et économique », écrit au sujet des populations pléthoriques de certains territoires dépendants : « Grâce aux progrès médicaux, la mortalité a depuis un siècle fortement diminué, tandis que la natalité se maintenait au niveau où l'avaient portée des sociétés qui avaient besoin de nombreuses naissances pour ne pas dépérir; une natalité du Moyen Age en face d'une mortalité moderne ».

Pour de telles situations, le remède qui se présente naturellement à l'esprit est le déplacement des populations excédentaires vers des régions moins occupées, plus accueillantes Ce remède est une mesure extrême dont l'application ne doit être envisagée que lorsque tous les autres moyens ont été épuisés. Ceux-ci sont notamment la lutte contre l'entraînement mécanique de la couche arable et contre une exploitation abusive de ses réserves; la mise en valeur des terres laissées en friche par manque ou excès d'eau; la réforme sélective du bétail en surnombre; l'interpénétration de plus en plus intime des activités culturales et pastorales qui les rendra complémentaires; la recherche de culture à haut rendement énergétique alimentaire; la création de boisements, dans le but de protéger le sol et de régulariser le régime des eaux et le climat.

Diriger vers des régions nouvelles l'excédent de la population n'assure jamais la guérison du mal et ne fait souvent que l'étendre. Si demain, nous provoquions l'émigration de dix pour cent de la population du Ruanda-Urundi, dans cinq ans, nous retrouverions ce territoire aussi populeux et aussi surchargé.

De tels mouvements, s'ils ne répondent pas aux aspirations profondes de l'individu, peuvent avoir les plus graves conséquences, en bouleversant l'organisation sociale indigène, sans que ceux qui en subissent les conséquences comprennent le but poursuivi par le Pouvoir et l'utilité d'une pareille révolution.

Ce que nous devons faire, avant d'avoir recours à un moyen extrême, c'est démontrer par des exemples répétés sur toute l'étendue des territoires, la valeur des méthodes culturales rationnelles dont nous voulons généraliser l'emploi, pour que la masse rurale puisse suivre le cycle de leurs opérations et mesurer l'effort qu'elles demandent ainsi que les résultats qu'elles procurent; c'est nous assurer la collaboration sans réserve de l'élite indigène, en lui faisant sentir la gravité de la menace qui pèse sur son pays; c'est aussi montrer aux indigènes que, dans leur économie primitive, la vache peut devenir l'ennemie de l'homme, que tout progrès agricole ne sera possible

que lorsque le bétail aura cessé d'être un signe de richesse et un moyen de capitalisation, pour devenir enfin une source de profit.

Cette œuvre de longue haleine a été entamée ici depuis de nombreuses années. Les premiers résultats heureux s'en font déjà sentir et seront le stimulant qui nous poussera en avant, avec des moyens accrus et une détermination de plus en plus ferme de réussir

L'instruction des masses, la démonstration pratique, la propagande par le film, la parole et les écrits, la récompense de l'initiative et de l'effort productif, l'aide de la technique moderne et de la puissance mécanique, — tels sont les moyens dont nous usons et userons pour accomplir la lourde mais noble tâche que nous impose notre rôle de tuteur.

A vous voir réunis aujourd'hui, vous les Représentants distingués des pays colonisateurs, je ne puis m'empêcher de songer, sans amertume d'ailleurs, aux critiques dont nous sommes tous périodiquement l'objet et aux intentions qu'on nous prête si charitablement dans certains milieux internationaux. Notre réponse à ces accusations injurieuses doit être le silence éloquent de notre labeur, de notre action civilisatrice.

MESSIEURS,

Je déclare ouverte la Conférence africaine des Sols Puisse l'apport de votre savoir et de votre expérience en assurer le plein succès !

Discours de M. P. Staner,

Président de la Conférence

MONSIEUR LE GOUVERNEUR GÉNÉRAL,

Les paroles si éloquentes que vous venez de prononcer tracent un cadre bien défini aux travaux de la Conférence Africaine des Sols que vous venez d'ouvrir.

Je serai l'interprète de tous mes collègues en vous exprimant notre reconnaissance pour avoir caractérisé, d'une manière aussi claire et aussi complète, l'amplitude du problème que nous allons nous efforcer de résoudre.

Comment s'en étonner, si l'on sait que l'actuel Gouverneur Général du Congo belge est l'ancien Gouverneur du Ruanda-Urundi, qui pendant plus de 10 ans a lutté pour conserver au pays si attachant que nous parcourrons dans quelques jours, le patrimoine agraire dont ses nombreux habitants ont un impérieux besoin

Vous nous avez parlé, il y a un instant, Monsieur le Gouverneur Général, de l'œuvre de longue haleine entamée depuis de nombreuses années au Ruanda-Urundi pour la rationalisation de l'agriculture locale. Vous en fûtes le principal artisan, permettez-moi de le dire, au risque d'offenser votre modestie.

Depuis lors, vous n'avez cessé de vous préoccuper de cette grave question qui se pose tant au Congo belge qu'au Ruanda-Urundi.

Le geste que vous posez aujourd'hui en présidant la Conférence Africaine, malgré les nombreux devoirs de vos hautes fonctions, n'est-il pas la preuve de l'intérêt que vous portez aux problèmes du sol?

Daignez, je vous prie, accepter pour votre présence parmi nous, l'expression de notre profonde gratitude. Les travaux que nous allons entreprendre avec une ferme conscience de leur portée, mais aussi avec la certitude d'un appui total de nos gouvernants, vous rendront témoignage

MONSIEUR LE GOUVERNEUR GÉNÉRAL, MESDAMES, MESSIEURS,

La Conférence Africaine des Sols a déjà une histoire. Oserais-je dire qu'elle est la deuxième croisade africaine de la conservation des sols? Elle succède, en effet, à la Semaine agricole de Yangambi, où des hommes de bonne volonté de plusieurs nations vinrent loyalement exposer le résultat de leurs travaux et confronter leurs points de vue

Cette Semaine agricole de Yangambi, organisée en mars 1947, constituait une véritable gageure due à l'initiative de M. le Ministre Godding et réalisée par les dirigeants de l'I.N E A.C , MM. Van den Abeele, Jurion, Lebrun, auxquels il m'est si agréable de rendre un hommage public pour leur brillante réussite

Indépendamment de cette initiative de l'I.N.E.A.C., la Grande-Bretagne, la France et la Belgique, réalisant l'intérêt supérieur de joindre leurs efforts pour harmoniser le développement de leurs territoires africains, ont organisé des « Réunions tripartites », au cours desquelles divers problèmes africains devaient faire l'objet d'échanges de vue et de réalisations pratiques

Les avantages de tout débat loyalement conduit, lorsqu'il se réclame d un souci du bien commun, ce souci fût-il compris différemment par les uns et par les autres, ont été analysés par le vieil Aristote en ces quelques phrases qui demeurent singulièrement actuelles : « Lorsque, dit-il, des hommes qui se croient étrangers les uns aux autres s'efforcent en commun à réaliser un grand objet, leurs volontés se mêlent et deviennent une même volonté, et leurs cœurs s'emplissent d'un sentiment d'estime et de bienveillance mutuelles. Et cette union est la plus féconde, parce qu'elle ne commande à personne de renoncer à être lui-même et à se développer suivant son génie et sa des-

tinée. Mais elle nous fait jouir de l'activité d'autrui comme de notre activité propre par la considération que les uns et les autres rendent hommage à la tâche commune. »

Cette justification des assemblées d'hommes « qui se croient étrangers » est d'application si actuelle que je m'en serais voulu de ne pas la rappeler.

En associant à leurs réunions les autres nations gérantes des territoires africains, les trois puissances fondatrices ont élargi bientôt le cadre de leur action en appelant le Portugal, la Rhodésie et l'Union Sud-Africaine dans le concert des pays destinés à se comprendre, au sens si heureusement défini par Aristote.

Ces réunions une fois élargies ont permis d'envisager les problèmes africains sous un angle beaucoup plus vaste et avec des moyens de collaboration beaucoup plus étendus

Plusieurs initiatives heureuses ont déjà scellé cette entente la Conférence de Brazzaville dévolue à l'étude du problème de la trypanosomiase, la réunion de Jos, en Nigérie, où les questions sociales furent débattues et la conférence toute récente de Nairobi où la peste bovine constitua l'essentiel des discussions.

Et voici que la conférence actuelle continue la série et ne le cède en rien aux précédentes, puisqu'elle a pour objet l'étude de la conservation des sols et des moyens propres à assurer le développement de l'agriculture, source permanente de tout progrès matériel ou moral

Notre assemblée d'aujourd'hui comble un des vœux exprimés lors de la Semaine agricole de Yangambi . « qu'elle ne soit que le prélude d'une série d'autres réunions analogues Puissent-elles concourir à réaliser dans leur plénitude les devoirs que nous assigne notre présence sur ce sol, âpre peut-être, mais qui, mieux connu, récompensera nos efforts. »

C'est en pleine conscience de ce devoir impérieux que nous discuterons des moyens de le mieux remplir. Sans vouloir préjuger des conclusions de nos débats, je suis persuadé que nos efforts aboutiront à trouver des solutions meilleures. La science ne connaît pas de repos dans sa marche ascendante, mais tâchons néanmoins de définir et d'appliquer ce qu'elle peut nous fournir dans l'état actuel de nos connaissances.

A Yangambi, déjà, le problème de la conservation des sols africains avait été abordé, mais ce domaine est si complexe, il a fait l'objet de tant de recherches primordiales qu'il s'est avéré nécessaire de convoquer une nouvelle assemblée. Son but n'est pas encore de définir des doctrines, mais plus modestement de justifier des hypothèses basées sur l'observation et l'expérimentation rationnelles.

Pour limiter le champ par trop vaste de l'étude des sols, nous nous sommes réunis à Bruxelles en décembre 1947, pour fixer les gran-

des lignes de la Conférence actuelle sans la lier pour autant, à un programme trop précis. Il était utile, en effet, que tous les chercheurs et techniciens intéressés des divers pays participants, connussent les thèmes susceptibles de faire l'objet de leurs communications. C'est ainsi que nous avons été amenés à intégrer en un ensemble cohérent centré *sur les problèmes de la conservation des sols,* les vœux émis par les différentes sections de la Semaine agricole de Yangambi.

Ce programme préliminaire fut encore remanié et définitivement mis au point à Bruxelles le 31 août 1948. Il constitue le canevas qui permit à notre Comité exécutif de constituer les Sections de travail de la présente Conférence.

Les hommes de science et les techniciens des divers pays furent sollicités de contribuer à la Conférence des sols, en rédigeant des notes où ils feraient part des résultats de leurs travaux et de leur expérience.

Le délai imparti aux spécialistes dont la collaboration fut sollicitée s'avéra relativement court Il n'empêche qu'eu égard à l'importance des sujets traités, bien rares furent ceux qui ne s'astreignirent pas à présenter une communication si modeste fût-elle, de sorte que leur expérience pût bénéficier à la communauté. C'est ainsi qu'avant l'ouverture du Congrès, nous avons reçu près de 180 communications. S'il fallait apprécier l'ensemble de cette contribution par son volume, il me suffirait de vous dire qu'il représente un ouvrage de plus de 2.500 pages.

Il est possible que certains esprits chagrins voient dans cette énorme masse d'écrits un effort d'imagination désordonné. Permettez-moi d'affirmer que je ne partage aucunement cette opinion.

Mes collaborateurs et moi-même avons lu ces travaux et je puis donner l'assurance, qu'à côté de monographies pleines d'intérêt, nous avons pris connaissance de nombreuses synthèses méritoires, voire même magistrales, qui acquerront la portée de « chartes » des disciplines et des techniques qui nous préoccupent.

Le problème de la conservation des sols, tel qu'il sera envisagé au cours des débats, comportera, dans le prolongement des recherches pédologiques de base, l'examen approfondi du mécanisme physico-chimique d'altération, de ses manifestations, de ses causes humaines et de la répartition des sols dégradés. A la lumière de ces données essentielles, sera examinée la mise au point expérimentale des techniques pastorales et forestières, des modes de structure ou d'exploitation, propres à ralentir ou, tout au moins, à empêcher le déclenchement de l'érosion et à restaurer la fertilité des terres épuisées.

Enfin, comme l'altération des sols poussée parfois jusqu'au stade de la stérilisation, est principalement le fait de l'homme, de ses pratiques agricoles, pastorales et forestières défectueuses, la Conférence tentera de définir sur le plan économique et social les mesures d'application propres à les réformer.

En dehors des réunions des sections, la Conférence comprendra deux excursions qui, à côté d'un caractère touristique indéniable, présenteront un intérêt majeur pour les spécialistes des questions du sol La première se déroulera au Kivu et aura comme objectif Butembo. Les excursionnistes sillonneront un pays chaotique où ils pourront étudier les grands mouvements architectoniques si curieux du graben central africain et examiner la nature des terrains superficiels. Ils auront ainsi l'occasion de visiter le Parc National Albert, remarquable conservatoire d'un patrimoine sauvegardé par la clairvoyance du Roi Albert.

La deuxième excursion se déroulera dans le Nord-Ouest du Ruanda et donnera l'occasion aux participants d'apprécier le travail méritoire réalisé par les agronomes locaux pour stabiliser l'agriculture, tout en sauvegardant un sol largement mis à contribution.

Les échanges d'idées et la confrontation des points de vue au cours des travaux des sections et des excursions seront certainement fructueux. Ils permettront d'élucider la mécanisme du processus de dégradation accélérée des sols et mettront au point les techniques de défense et de protection. Mais ces échanges d'idées ne seraient que spéculations de l'esprit s'ils ne marquaient le point de départ d'une action concrète et soutenue se développant sur le plan économique et social. Nous avons l'espoir que la Conférence dégagera une conception générale de la conservation des sols et qu'elle recommandera les lignes essentielles d'un programme d'action en vue de promouvoir les recherches scientifiques et techniques et de perfectionner les conditions pratiques de la lutte contre la dégradation, en orientant notamment l'économie africaine dans une voie plus favorable à la protection des sols.

Honorés par la mission civilisatrice que nous assumons et aidés dans la réalisation de celle-ci par les autorités indigènes, nous voulons associer de plus en plus les Africains à nos entreprises, en instituant et en maintenant l'ordre qui consiste à exploiter méthodiquement les richesses naturelles, tout en sauvegardant l'avenir, c'est-à-dire en maintenant aux sols leur potentiel de production. Les principaux bénéficiaires sont et seront ces Africains qui, en prenant de mieux en mieux conscience de leurs devoirs vis-à-vis de leurs successeurs, accepteront nos conseils désintéressés, et garantiront ainsi la préservation du patrimoine commun, tout en participant avec intérêt à l'économie mondiale.

Pleinement conscients de nos responsabilités, nous prenons l'engagement de rencontrer ces hommes de bonne volonté. Dans le

domaine qui est le nôtre, nous voulons que l'étude des sols aide les peuples d'Afrique à développer leur prospérité.

Sur le plan même des principes de l'évolution de ces peuples, qu'il me soit permis d'affirmer hautement que nous mettons tout en œuvre pour les aider à gravir les échelons souvent pénibles qui conduisent à l'épanouissement de la personnalité humaine. Mais nous entendons proclamer que nous n'avons pas le droit de brusquer les étapes et que nous devons respecter un ordre progressif : le stade de la technique, celui de la recherche scientifique et de l'adoption des méthodes générales. Si nous respectons cet ordre, nous arriverons à atteindre notre idéal, concrétisé par Duhamel en une pensée lapidaire : faire en sorte que nos chers Africains « conduisent bien leur raison »

MONSIEUR LE GOUVERNEUR GÉNÉRAL, MESDAMES, MESSIEURS,

Il me reste un agreable devoir à remplir : celui d'exprimer ma reconnaissance aux personnes et aux institutions qui ont contribué au succès de cette Conférence, soit par leur présence, soit par leur aide morale et matérielle.

J'exprime mes vifs remerciements à l'Inspecteur d'Etat Liesnard, Gouverneur de la Province du Kivu, qui a contribué pour une large part au succès de cette Conférence en mettant si aimablement ses services provinciaux à notre disposition. Je le remercie également d'avoir bien voulu honorer de sa présence la séance actuelle.

Laissez-moi vous dire, Messieurs les Délégués du Portugal, de la Rhodésie du Sud, du Royaume-Uni et de ses territoires dépendants, de l'Union Française et de l'Union Sud-Africaine, combien nous sommes heureux de vous accueillir parmi nous, à Goma, terre de beauté, au pied des volcans bleus et de leurs sourds brasiers. Nous vous souhaitons la bienvenue et formons des vœux pour que, grâce à ces quelques journées de cordial contact, nous nous comprenions mieux, nous nous aidions dans la réalisation de nos aspirations : connaître le sol et en respecter la vie.

Je salue avec plaisir la présence parmi nous de M. le Professeur Robert Pendleton, de l'Université John Hopkins de Baltimore, spécialiste des latérites, qui nous fait l'honneur d'assister à nos réunions et qui, nous en sommes persuadés, nous aidera de ses conseils éclairés.

La présence d'observateurs de l'Organisation pour l'Agriculture et l'Alimentation des Nations Unies (F.A.O.) nous est particulièrement agréable car elle nous prouve l'intérêt que cette organisation témoigne à notre Conférence et nous fait mieux apprécier la portée des résolutions que nous serons amenés à prendre.

Je remercie les Sociétés agricoles du Congo de nous avoir délégué leurs représentants les plus qualifiés, montrant ainsi qu'elles comprennent qu'à la méthode coûteuse des essais et des erreurs, il importe de substituer, chaque fois que c'est possible, l'étude scientifique, comme le disait à Bruxelles M. le Ministre Wigny, à la Séance inaugurale des Experts Coloniaux, le 11 décembre 1947.

Les colons du Kivu sont bien représentés et je salue particulièrement leur président M. Ch. de Maleingreau qui, mieux que tout autre, a su apprécier les éminents services rendus au pays par l'I.N.E.A.C.

Qu'il me soit permis enfin d'adresser au Mwami du Ruanda, Mutara Rudahigwa, l'expression de notre vive satisfaction de le voir parmi nous.

L'organisation matérielle de notre Conférence doit beaucoup à la Société Minière des Grands Lacs Africains. Je ne fais donc que m'acquitter d'une dette de reconnaissance en exprimant toute ma gratitude à ses représentants, et en particulier à son distingué Administrateur-délégué M. Lefranc, qui a bien voulu mettre à notre disposition les confortables installations de la Société qu'il administre. Sans celles-ci, il nous eût été matériellement impossible d'organiser ici-même la Conférence des sols africains. Je m'en voudrais de ne pas englober dans ces mêmes remerciements M. D. G. Tomson, toujours si aimablement disposé à nous rendre service, M. Mendiaux, dont le dévouement s'est manifesté inlassablement pour assurer le succès le plus complet à notre réunion, et enfin M. Stroumza, qui a aimablement mis à notre disposition toutes les possibilités de la Compagnie Immobilière du Nord du Kivu (Cimnoki).

Et dans le pays lointain de Butembo, où nous irons demain, nous pourrons être hébergés, grâce toujours à la Société Minière des Grands Lacs africains et à son distingué Directeur local, M. Burnotte.

Pour éviter d'oublier quiconque a apporté un généreux concours à l'organisation de ce Congrès, qu'il me soit permis d'énumérer les Institutions sans devoir citer les personnes. J'exprime mes vifs remerciements aux Services officiels du Gouvernement, à la M.A.E., à l'I.N.E.A.C., aux O.P.A.C., au P.N.A. (1) pour l'aide si cordiale et si constante qu'ils n'ont cessé de nous apporter dans la réalisation de notre tâche. Je m'en voudrais d'oublier le personnel de l'Administration locale et des Services des Postes et Télégraphes qui ont renoncé à tout loisir pour nous aider dans toute la mesure de leurs moyens.

(1) M.A.E. = Mission Antiérosive.
I.N.E.A.C. = Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge.
O.P.A.C. = Office des Produits Agricoles. Costermansville.
P.N.A. = Parc National Albert.

Lecomte du Nouy, dans un de ses derniers livres, « L'homme et sa destinée », dit que « c'est moins la connaissance que la conviction qui fait agir ». Je voudrais que cette pensée serve d'exergue à cette Conférence. Nous connaissons les problèmes de la Conservation des sols. Certains nous reprochent même d'avoir la psychose de cette conservation; c'est le plus beau reproche qu'on puisse nous adresser ! Nous sommes effectivement atteints du « mal du sol » puisque nous connaissons l'importance du problème qu'il représente. Mais nous avons la *conviction* profonde que si nous réunissons nos efforts, si nous faisons taire nos divergences personnelles, nous arriverons sans conteste à agir pour le plus grand bien de la stabilité et de la progression des peuples qui attendent tout de nous.

Ainsi que le disait récemment le Comte Henry Carton de Wiart, un des traits qui distinguent notre temps, c'est la multiplication toujours croissante des rencontres internationales. Tout objet en est l'occasion, qu'il s'agisse de politique ou de science, d'art ou de sport, d'intérêt économique ou de spéculations philosophiques. Nous n'échappons pas à cette tendance. Si nous tentions de le faire, il pourrait en résulter des accidents irréparables dont nous devrions assumer la responsabilité devant l'histoire. Nous voulons préserver le patrimoine de l'humanité !

Unissons nos efforts pour réussir avant qu'il ne soit trop tard.

Allocution du Mwami du Ruanda, Mutara Rudahigwa,

MESDAMES, MESSIEURS,

Je suis heureux de prendre la parole aujourd'hui, pour vous exprimer les sentiments de gratitude que je ressens devant l'intérêt que vous manifestez à la question de la conservation des sols.

Je remercie tout spécialement M. Staner, Président de la Conférence, MM. Sladden et Jurion, ainsi que MM. les Délégués des Nations étrangères d'avoir suscité l'occasion d'entamer une collaboration de tous les pays, source de lumière pour nous diriger.

Nous, habitants de l'Afrique, et tout spécialement du Ruanda-Urundi, serons heureux et fiers de comprendre les directives que vous fixerez et de les réaliser pour accomplir notre devoir dans la société humaine.

Ne croyez pas que ces nouveaux principes seront applicables du jour au lendemain dans nos milieux coutumiers, car les masses indi-

gènes, pour admettre une idée nouvelle, si bonne soit-elle, doivent en comprendre le bien-fondé.

Il en résulte qu'une propagande bien comprise doit être à la base de nos efforts pour atteindre l'idéal que nous poursuivons.

Je suis heureux de vous dire que le Gouvernement Belge a compris dans sa politique d'introduction de cultures et de méthodes culturales nouvelles, qu'il ne fallait pas brusquer les choses

Il a toujours eu le souci d'éduquer les masses et non de les contraindre pour éviter l'opposition de la méthode nouvelle

Ce qui frappe surtout, et qui plaît aux indigènes, c'est la préoccupation de nos Gouvernements de toujours procéder par l'exemple, en réalisant les travaux expérimentaux à la portée des moyens intellectuels de la masse.

J'attire votre attention sur la situation particulière de mon pays, le Ruanda, et de l'Urundi, où contrairement à ce qui se passe dans d'autres régions africaines, toute la surface arable est occupée et cultivée.

Je ne vois pas, sans menace de mécontentement général, la possibilité d'enlever dans n'importe quel but, si intéressant soit-il, les lopins de terre que nos cultivateurs travaillent de père en fils et dont moi, le Mwami, je reconnais l'usufruit permanent aux occupants.

Cette permanence individuelle de l'occupation est d'ailleurs une nécessité pour le progrès.

Qui construira, par exemple, une habitation en matériaux durables ou qui plantera des arbres, s'il n'a pas l'assurance d'en retirer le bénéfice durant sa vie entière et de les transmettre à ses enfants ?

Au Ruanda-Urundi, malgré les difficultés dues à la configuration du pays, nous avons déjà fait notre possible pour lutter contre l'érosion.

Dans les coins du Territoire, il y a des terrasses. Mais je me rends compte que cela ne suffit pas.

Grâce aux connaissances nouvelles que j'ai acquises lors de la présente Conférence, je vous assure que dans les années à venir nous ferons mieux encore.

J'espère que tous vous reviendrez dans un délai que je souhaite proche pour venir constater les progrès que nous aurons réalisés entre temps.

SÉANCE DE CLOTURE

LE 16 NOVEMBRE 1948

Allocution de M. G.-E. Sladden,

Directeur général de l'Agriculture du Congo belge et du Ruanda-Urundi.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESSIEURS,

Nous touchons aujourd'hui au terme de nos travaux. Au cours de ces derniers jours, nous avons confronté nos connaissances, nous avons recherché en commun la route à suivre pour résoudre les nombreux problèmes posés par la conservation et l'usage des sols, — problèmes dont la solution favorable assurera le bonheur, ou simplement la survivance, des populations africaines.

Je ne vous parlerai pas de la nature de ces problèmes, ni de la qualité des solutions que nous cherchons à leur donner, car je ne ferais que m'enliser dans de vaines répétitions.

Mais je crois qu'il est utile de fixer notre attention, pendant quelques instants, sur l'esprit dans lequel ces problèmes furent abordés, sur l'atmosphère d'entente harmonieuse qui entoura nos débats. Cette compréhension réciproque, ce désir sincère de coopération, entre des hommes de cultures différentes, ne doit pas nous surprendre, car l'objet de notre conférence est avant tout un problème humain, comme le disait le Gouverneur Général dans son discours d'ouverture.

Mais ce libre esprit la sérénité de nos séances d'étude, ne sont pas nés spontanément. Les délégués qui ont bien voulu assumer la très lourde tâche de la présidence des sections, furent certainement les artisans les plus actifs de cette belle réussite.

Aussi leur adresserai-je, au nom du Comité Exécutif de la Conférence Africaine des Sols et au nom du Congo Belge, de très vifs remerciements.

Le fruit de nos travaux a été condensé en un petit nombre de résolutions et de recommandations qui sont adressées aux Gouvernements des territoires africains, — recommandations qui, pour être suivies, nécessiteront la mise en œuvre de moyens particulièrement puissants. Nous sommes prêts à faire face à ces obligations.

Une assemblée telle que la Conférence Africaine des Sols revêt, dans son principe même, un intérêt indéniable car elle permet de comparer les observations et les expériences acquises en de nombreux points d'Afrique. Mais il est certain que cette collaboration doit être poussée davantage et qu'il est indispensable de lui accorder un caractère permanent.

Cette nouvelle étape est bien près d'être franchie. En effet, n'avons-nous pas recommandé aux Gouvernements des Territoires Africains de créer à Paris un Bureau Africain d'Information sur la Conservation et l'Utilisation des Sols et de choisir Yangambi comme siège du Service Pédologique Interafricain ?

Ce service devrait prendre l'initiative de convoquer, dans l'avenir, des conférences limitées à un secteur étroit du champ de nos investigations et qui réuniraient un nombre limité d'hommes de sciences spécialisés. Dans certains cas, ces conférences spécifiques pourraient même se muer en des « Périodes d'Etude » pendant lesquelles une poignée de savants et de techniciens uniraient leurs moyens pour vaincre les durs obstacles qui entravent notre marche Je crois que de grandes choses peuvent être attendues de ce travail de groupe. On ne peut mettre en doute l'efficacité de petites équipes spécialisées, lorsqu'un temps suffisant leur est accordé pour accomplir leur tâche en toute quiétude. Dans un domaine limité, 5 hommes unissant leurs forces pendant 20 jours font plus de travail utile que 20 hommes pendant 5 jours.

Puisque nous voilà engagés en loyaux compagnons sur cette route, pourquoi nous arrêter en si bonne voie, sachant que ce chemin est celui du progrès et du mieux-être des populations dont nous sommes les tuteurs responsables ?

Pourquoi ne pas donner aussi à nos conférences le prolongement qu'elles méritent en assurant un contact vivant et suivi entre les techniciens des différents services agricoles africains ? Tout devrait être mis en œuvre pour faciliter ces contacts et leur donner une durée suffisante.

L'échange de spécialistes entre les territoires africains, pour des périodes assez longues, devrait même être envisagé. Cette forme de collaboration implique un contact prolongé pour être véritablement fructueuse. Il en résulterait un surcroît d'informations, de connaissances techniques qui ne manquerait pas d'accélérer le rythme de nos progrès agricoles.

Il faut vivre dans une ambiance pour s'en imprégner. C'est pourquoi on peut mettre en doute l'efficacité des stages trop brefs.

Cette mesure d'entraide devrait être réservée à des éléments expérimentés mais qui ont encore une longue carrière africaine devant eux.

On m'objectera sans doute que de tels échanges provoqueraient des perturbations préjudiciables au fonctionnement des services. Une telle objection est dépourvue de fondement car le spécialiste absent serait remplacé automatiquement par un autre technicien de valeur correspondante.

D'aucuns mettront aussi en doute le profit qu'on pourrait retirer de cette interpénétration, — qu'on peut parfaitement se tenir au courant de ce qui se passe au-delà des frontières par le truchement des publications.

Nous savons tous qu'en pratique, il est souvent difficile de tirer parti de l'expérience étrangère sans se rendre sur place. Beaucoup de choses ne sont pas publiées parce qu'elles semblent trop simples, trop naturelles, à ceux qui en sont les auteurs. En outre, il ne suffit pas de prendre connaissance de résultats, de méthodes, il faut surtout comprendre l'esprit dans lequel ces recherches ont été poursuivies. Bien des techniques ne se saisissent parfaitement qu'à les voir utilisées là même où elles ont été conçues.

Enfin, de nombreux chercheurs hésitent à confier à la presse le fruit de leurs travaux, soit par modestie, soit par un souci excessif de la certitude scientifique.

Pour atteindre ces connaissances, il faut souvent aller les cueillir à la source.

Un brassage des idées entre spécialistes ressortissant à des écoles différentes, par des consultations réciproques, lèverait souvent le voile qui recouvre de nombreuses trouvailles. Que de causes d'échecs pourraient être découvertes, que d'interprétations fausses pourraient être décelées, par la confrontation entre auteurs, des résultats d'expériences parallèles ou similaires conduites en différents endroits du continent africain...

Des rencontres entre les membres des différentes administrations seraient également de la plus grande utilité. Les visites, les travaux en commun, ne doivent pas être réservés aux seuls spécialistes. Nos méthodes d'administration générale et spécifique, d'éducation des masses, nos systèmes économiques, etc., doivent être aussi l'objet d'études comparatives dont nous pourrions tirer le plus grand profit.

Nous savons tous le prix qu'il faut attacher aux contacts personnels et combien les relations par-delà les frontières se trouvent facilitées, lorsque le simple énoncé d'un nom fait surgir l'image d'un visage ami ou vibrer le timbre d'une voix connue.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESSIEURS,

Je n'abuserai pas plus longtemps de vos instants

Mais, avant de quitter cette tribune, qu'il me soit permis d'accomplir une tâche bien agréable, celle de remercier chaleureusement notre Secrétaire Général et les membres du personnel de la Conférence Africaine des Sols. Je me plais à rendre hommage à la compétence efficiente et à l'inlassable dévouement de M. Jean Lebrun C'est grâce à lui et à ceux qui ont bien voulu répondre à son appel, que le déroulement de nos travaux n'a pas trop souffert des moyens fort limités offerts par une cité qui n'a pas encore dépassé le stade du chantier.

MESSIEURS,

Nous allons nous séparer bien à regret. Vous allez quitter ces riants rivages pour retrouver le soleil écrasant ou les frimas du Nord Je vous souhaite à tous un bon voyage et vous exprime, au nom du Congo Belge et en mon nom personnel, nos vifs remerciements pour l'aide éclairée que vous avez bien voulu nous apporter et qui a contribué si largement au succès de la Conférence dont nous clôturons aujourd'hui les travaux.

Discours de M. Aubréville

Chef de la Délégation française

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESDAMES, MESSIEURS LES CHEFS DES DÉLÉGATIONS ÉTRANGÈRES, MESSIEURS LES DÉLÉGUÉS, MESSIEURS,

Les principales puissances africaines, la Belgique, le Portugal, la Rhodésie du Sud, le Royaume Uni, l'Union Sud-Africaine et la France, en prenant l'initiative de la réunion de la Conférence de Goma, en décidant de mettre en commun leurs moyens en hommes et en technique pour résoudre les graves questions de la Conservation des Sols africains, ont prouvé, une fois encore, leur volonté de coopération dans tous les domaines qui intéressent la vie sociale, culturelle et économique des populations dont elles sont responsables.

Les travaux de cette Conférence aboutissant à de nombreux vœux et recommandations aux Gouvernements intéressés démontrent que tous les techniciens des puissances africaines peuvent se mettre d'accord sur des tâches précises, sur des politiques agricoles, forestières et pastorales, tenant compte des nécessités de la conservation des sols et, d'une façon plus générale, des milieux.

Les résultats de cette coopération technique interafricaine inspireront les conceptions des Gouvernements et leurs services techniques. D'autre part, les contacts utiles établis à Goma entre techniciens ne risqueront pas de se relâcher, et peut-être finalement de cesser, puisque la Conférence recommande la création de plusieurs organismes permanents qui assureront la régularité et la continuité de ces contacts. Elle demande à l'Inéac d'organiser un service interafricain de pédologie, à Yangambi, en liaison avec les autres centres africains d'études pédologiques. L'Inéac, par sa remarquable organisation et la qualité de ses travaux scientifiques et agronomiques méritait cette confiance et cet honneur. Nous sommes persuadés que cette organisation nouvelle sera bientôt marquée par des progrès de la science pédologique. Trois comités régionaux interafricains sont en outre prévus.

La Conférence propose aussi qu'un Bureau interafricain d'informations sur la conservation et l'utilisation du sol soit créé à Paris, chargé de la centralisation, puis de la diffusion, de toutes les informations d'ordre technique, économique et social, relatives à la protection des sols africains. La délégation française remercie la Conférence de cette proposition. Paris est un de ces lieux de haute civilisation du monde où les activités intellectuelles et morales internationales aiment à se rencontrer. Paris, si proche de Londres et de Bruxelles, point de jonction de la plupart des grandes lignes aériennes internationales, occupe une situation favorable pour permettre au bureau permanent d'assurer la tâche d'information qui lui est demandée. La délégation française fera tout son possible pour que ce bureau permanent soit actif et qu'il rende, dans la mesure de ses attributions, l'œuvre de solidarité africaine que nous avons commencée ici, continue et efficace.

Cette solidarité ainsi affirmée est une nécessité. L'Afrique est un bloc, c'est un grand corps qui, lorsqu'il est atteint d'un mal en quelque partie, peut souffrir dans son tout. Ceci n'est pas une simple image. Les grandes masses d'air qui se déplacent périodiquement au-dessus du Continent africain transmettent très loin les influences desséchantes des déserts et des pays déforestés ou, au contraire, les influences humidifiantes et bienfaisantes des grands massifs forestiers et des lacs. Je pense que l'immense cuvette congolaise boisée et marécageuse n'est pas sans influence climatique sur tous les pays limitrophes, surtout à l'est et au sud-est; que les forêts littorales atlantiques, du Libéria au Cameroun, exercent une influence sur la pluviosité des pays soudaniens de l'intérieur, par l'intermédiaire de la mousson; que les pays côtiers de l'ouest africain sont intéressés, inversement, à l'arrêt des dénudations excessives de l'hinterland africain d'où soufflent, en saison sèche, des vents asséchants.

Les bassins des grands fleuves africains sont rarement contenus à l'intérieur des frontières politiques d'un seul pays; or des dénuda-

tions généralisées suivies d'érosions graves dans certaines parties de ces bassins peuvent avoir des conséquences fâcheuses pour le régime des eaux, qui se manifestent très loin.

D'un point de vue social et politique aussi les mesures de protection concertées sont indispensables. Prendre de telles mesures peut apparaître quelquefois difficile à un chef politique responsable s'il craint des réactions des populations indigènes trop peu évoluées, surtout dans le voisinage des frontières, ou encore si ces mesures impliquent des dépenses. Elles seront beaucoup plus faciles à prendre et à appliquer si elles sont décidées d'un commun accord entre pays voisins; elles seront aussi plus efficaces.

Nous n'avons envisagé à la Conférence de Goma que les menaces qui pèsent immédiatement sur l'Afrique, résultant de la perte de fertilité des sols surexploités; ou de la dégradation et même de la disparition de ces sols cultivés lorsqu'ils ne sont pas, par leur nature ou leur topographie, à vocation agricole; ou encore lorsque, non cultivés et boisés, la couverture forestière est détruite par les incendies et les feux de brousse. Pour trouver des remèdes à cet épuisement ou à cette ruine des terres cultivables, nous avons tous apporté nos expériences, nos techniques et nos bonnes volontés, inspirés par un esprit de solidarité africaine. Il est possible que, plus tard, nous soyons appelés à nous concerter pour étudier de véritables plans interafricains de conservation des sols et de leur couverture végétale, si la désertification de l'Afrique par perte de ses réserves d'eau et de ses sols cultivables, annoncée par certains, était reconnue comme un danger réel.

Mais laissons aux conférenciers de demain le soin d'envisager de si redoutables éventualités et restons à notre joie de constater cette belle manifestation d'union africaine que fut la Conférence de Goma. Le mérite de ce succès doit être d'abord attribué à ceux qui eurent l'idée de cette conférence et l'ont ensuite réalisée. Je remercie donc M. Wigny, Ministre des Colonies, et le Comité d'honneur tout entier, puis tout particulièrement M. le Gouverneur Général du Congo Belge Jungers qui a marqué l'intérêt qu'il accordait à nos travaux en acceptant de présider notre séance d'inauguration. Je remercie tous ceux qui ont participé à l'organisation de la Conférence, M. le Président de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge Van Straelen qui a donné aux fervents amis de la nature que nous sommes tous cette vision émouvante du magnifique Parc Albert, où bêtes sauvages en liberté vivent en toute quiétude à côté de l'homme; tous ceux qui nous ont rendu le séjour si agréable au bord du lac Kivu, notamment la population européenne de Goma qui a eu pour nous tant d'attentions délicates, et dont l'exquise hospitalité restera dans nos souvenirs.

Aux membres du comité exécutif de la Conférence, j'adresse des remerciements particuliers; ils ont prodigué leur travail et leur talent d'organisation; grâce à eux, cette conférence s'est déroulée sans la moindre erreur, sans la plus petite confusion, suivant des horaires minutieux de travail et d'excursions, qui, bien établis, furent respectés avec exactitude. Mes remerciements vont à tous, mais je dois cependant distinguer M. Jurion, Directeur Général en Afrique de l'Inéac et M. Sladden, Directeur Général des Services de l'Agriculture, des Eaux et Forêts et de l'Elevage au Congo Belge.

J'exprime notre profonde reconnaissance aux deux artisans principaux de cette conférence, à M. le Président Staner qui en fut l'âme, à M. Lebrun qui, comme Secrétaire Général, en fut l'animateur. La lourde charge matérielle de l'organisation ne les a pas empêchés de suivre ou de diriger nos travaux; leur affabilité souriante jamais en défaut, leur courtoisie, la lucidité de leur esprit, leur science, ont facilité beaucoup de discussions et clarifié les débats. Si Goma est un succès dont nous nous félicitons tous, il faut en remercier ces deux savants ensemble, car c'est en grande partie leur œuvre.

Beaucoup d'autres personnes ont contribué à faire de cette conférence un lieu de travail fructueux, et d'agrément aussi pour les délégués. Il me faudrait citer tous les techniciens des services officiels du Congo Belge, du Ruanda-Urundi, de l'Inéac, de la Mission antiérosive, Mutara Rudahigwa, Mwami du Ruanda, dont nous avons admiré les remarquables sauteurs et danseurs, et beaucoup de personnes privées dont l'aide indispensable fut précieuse pour la Conférence et ses délégués. J'adresse à tous mes remerciements.

Nous garderons un souvenir agréable de nos trop courtes relations avec MM. les délégués étrangers. La plus aimable courtoisie n'a cessé de régner dans nos échanges de vues et même si nous n'étions pas immédiatement toujours d'accord, leur esprit de coopération et de cordialité a toujours rendu les débats faciles. Nous les remercions et espérons que nous aurons d'autres occasions de nous retrouver pour l'étude scientifique du continent africain et aussi dans le désir de rendre la vie meilleure aux populations de cette Afrique que nous aimons tous.

Discours de M. G.-F. Clay

Chef de la Délégation britannique.

Mr. President, Ladies and Gentlemen,

It is not necessay for me to stress the importance which the British Government and the Governments of the British Colonies in Africa attach to this African Soils Conference. The almost embarassing number of delegates bear witness to this desire to cooperate to the full in the development of Africa.

Nor is it necessary for me to stress the significance and importance of the matters discussed at the Conference.

Western Union is the declared objective of the metropolitan powers in Europe represented here and for the full rehabilitation and economic development of Western Europe. The complementary development of the natural resources of Africa is constantly being stated as the common objective of the statesmen of Europe, a policy which has as its objectives firstly the raising of the standards of living of the people of this Continent and secondly the full integration of African economy into world economy and more particularly into that of Western Europe.

In this development of African natural resources, agricultural pro duction must inevitably play by far the most important role.

The development of a sound agricultural policy must be based, in my mind, on those things.

Firstly, an accurate knowledge of the character and properties of the soil,

Secondly, by experiment and trial, the evolution of systems of agriculture suited to the conditions of climate and soil, which whilst capable of producing the maximum return from the soil in agricultural wealth, maintain and conserve the fertility of the soil in perpetuity

And thirdly, the organization of the producers along lines which will permit of maximum efficiency of production and the utilization of modern aids to production.

These various problems have been fully discussed during the past week and we have recorded recommendations and resolutions which cannot fail to be of interest to the Governments concerned in considering their agricultural policy.

I should like to say how much we have appreciated the presence of the African delegates at this Conference, particularly the Mwami of Ruanda-Urundi, whose beautiful country through which we have travelled bears ample evidence of his enlightened cooperation with those responsible for the carrying out of the soil conservation policy.

In this connection I should like to pay tribute on behalf of the British delegates to the truly amazing results in stripping and terracing which have been achieved in this hilly country which we have been privileged to tour during the Conference.

The results obtained have been a revelation to all the British delegates and will be an inspiration to us in our soil conservation work when we return to our respective countries.

Without repeating them, may I associate myself which the tributes which have been paid by previous speakers to you, Mr. President, and all those whose work has made this Conference the outstanding success which it has been.

I would in addition wish particularly to pay tribute to the « back-room boys » who have — I was going to say burnt the midnight oil - and I suppose I ought to say have overworked the electricity generating plant of Goma in order that the record of each day's proceedings should be in our hands the following morning, and to that noble band of interpreters without whose assistance the Conference could not have been held.

We are grateful to the Government of the Belgian Congo for their initiative in convening the Conference in these beautiful surroundings, and we have been overwhelmed by the hospitality not only official but that of the citizens of Goma and Kissenyi who have so valiantly withstood this great invasion.

Finally I would, if I might, end in metaphorical vein by expressing the hope that the work of this Conference and its advice in the shape of its recommendations and resolutions, although like the lava which flowed this year from the « petit volcan », conceived with a certain amount of internal convulsions, accompanied by storms of wind, flowing down over the quiet undisturbed countryside of our respective administrations, possibly regarded at first sight as largely sterile and even too hot to touch, will, before the next Conférence Africaine des Sols, prove to have been gradually adopted by the cultivators of African development and found to be as fertile and productive as the deep volcanic soils of Bugoye.

Rapport du Secrétaire Général de la Conférence

Le Rapport de M J. LEBRUN, Secrétaire Général, présenté à la séance de clôture, se trouvera à la fin du troisième volume.

PREMIERE SECTION

FIRST SECTION

Etude générale et régionale des Sols

General and Regional Study of Soils

PRESIDENT *Chairman*	D[r] B. A. KEEN
SECRETAIRES *Secretaries*	MM. J. BURNOTTE. J. D'HOORE. J. SCHUMACKERS.

1re SECTION.
GROUPE I.

Méthodes d'analyse et de prospection, propriétés et classification générale

Analysis and Survey Methods; General Properties and Classification

Liste des Communications

Laterite : A General Discussion with a Description of Nigerian Occurrences

by

J. W. DU PREEZ, Geologist,
Geological Survey of Nigeria

HISTORICAL REVIEW.

The name laterite was introduced by Buchanan in 1807 (1) to denote a ferruginous clay used in India for making sun-dried bricks In spite of its purely lithological significance, the term was adopted by Indian geologists and applied to many different materials. Lake (2), 1891, suggested that any rock indistinguishable in hand-specimen from Buchanan's laterite, should be called laterite. Holland (3), 1903, expressed the opinion that bacteria might produce the exothermic reactions regarded as necessary in laterisation. An opinion that Indian laterites were formed as a result of alternating very humid and very dry seasons, was expressed by Maclaren in 1906 (4). Fermor (5), 1911, suggested that the Indian laterites are residual and represent the insoluble material left after the soluble constituents had been removed. He proposed a classification of laterites into laterite (primary), lateritic (secondary or detrital laterite) and lateritoid (lateritic replacement deposits). Simpson (6), 1912, was the first to suggest that laterite tends to grow on well-defined peneplains, and that the « abnormal conditions of rainfall tending to produce laterite, are such that the weathering rocks and products are alternately saturated with water and then completely desiccated ». He regarded laterite as a true efflorescence, deposited by aeration and evaporation on the surface. Lacroix (quoted by Fermor) (7) and Holmes (8) in 1914 advanced the same view, that laterite formation is favoured by a low slope, poor drainage and well-marked dry and wet seasons. Campbell (9), 1917, stressed the dependence of saturation caused by a fluctuating water-table. The prior formation of kaolin in the permanently saturated zone was considered by him as a pre-requisite to laterisation. Ferric hydroxide is derived from ferrous bicarbonate in the groundwater

from which it is precipitated by oxidation. Woolnough (10), 1918, agreed with Simpson, but emphasized that high-level laterites are formed during peneplain, not plateau, conditions. According to Woolnough the laterite in Western Australia was formed by the leaching of subsoil salts during seasons of heavy rainfall and their upward migration by capillarity during dry periods, the result being the deposition of the dissolved matter in a concretionary form in the surface layers of the soil.

Scrivenor (11), 1930, suggested that the word laterite should no longer be used in scientific work, as its meaning had deviated beyond remedy from Buchanan's original definition. In 1932 the Imperial Bureau of Soil Science (12) applied the word to « a weathered rock product formed by the leaching of igneous and metamorphic rocks whereby the bases and much of the silica are removed leaving a residue containing alumina uncombined ». It was also suggested that the most favourable conditions for laterisation include intense rainfall, a high temperature which prevents humification and its solution effects on iron oxides and alumina, and the presence of the more basic minerals in the parent rock.

Scaetta (13), who has recently studied laterite in Central and West Africa, suggests that the hard laterite crust is the climax of soil development. The crust is, however, sufficiently pervious to allow percolation, which, by weathering the underlying rocks, forms a subsoil beneath. On removal of the laterite by erosion, this will form a new soil and the process of laterisation may be repeated. According to Scaetta this cycle is rapid in tropical climates, but he considers that laterisation in forest areas in the sub-equatorial zone of West Africa is slowed by the action of micro-flora sustained by organic waste, the mineralizing effect of incorporated Sahara dust in the soil, and the prevention of surface run-off. Pendleton (14) used the term laterite to denote « an iron oxide-rich, indurated, quarryable slag-like or pisolitic illuvial horizon developed in the soil-profile ». Brynmor Jones (15) remarks that the striking characteristic of lateritic ironstone in Sokoto Province, Nigeria, is « that it has formed almost exclusively on the sedimentary rocks, rarely on the crystalline rocks ». He states further that the formation of the lateritic ironstone is « promoted by the presence of an impermeable or difficultly permeable stratum situated not far below ground level which will hold up rainwater and retain it for some time in contact with the rock », and that the periodic fall of the watertable is another factor in its formation. Ironstone formation ceased when the area became well-drained, and the lateritic capping « originated as an ironstone sheet in a plain as it was undergoing dissection ». He concludes by stating that the formation of these ironstones is an illuvial process, the iron oxides derived from the rocks below being transported upwards by capillarity and there deposited by evaporation and oxidation. Alumina lags behind but is also carried

upwards in smaller amounts, either as hydroxide or as alkaline aluminates. He considers, however, that laterisation by eluviation is also possible under certain pedogenic conditions.

Vine (16) doubts the widely held supposition that the accumulation of iron oxides on peneplain surfaces has been effected by capillarity in the zone overlying a fluctuating watertable. He has made a novel suggestion, viz. that the laterite crust « may have resulted from the deposition of clayey and ferruginous dust, these then being leached downward and reassorted in the soil profile to form concretionary sheets. Such dust would have been blown outwards from the Sahara at times when it was advancing over a zone where sufficiently humid conditions for the development of red clayey soils had prevailed ». This is in direct opposition to the view expressed by Scaetta (13) that the Sahara dust opposes laterisation by its « mineralizing » effect on the soil.

THE PEDOLOGICAL-CHEMICAL DEFINITION.

In 1903, Holland (3) wrote that in laterite the alumina exists, as in bauxite, in the form of hydrous oxides. In this he was supported by the Warths (17) who stated that « laterite is bauxite in various degrees of purity ». Confusion followed on the dictum arising from these early statements that if a decomposition product does not contain a sufficiently high percentage of aluminium hydrate, it is not laterite. Fermor's (5) and Lacroix' (7) classifications of laterite are based on this, the former also suggesting that the content of uncombined silica may be taken as a criterion of laterisation. Fox (18), 1923 made the suggestion that if laterite contains enough aluminium hydrate to be used as an aluminium ore, it should be called bauxite.

Martin and Doyne (19) proposed in 1927 to use the silica/alumina ratio of the clay fraction as a basis for defining laterite and lateritic soils. It is considered by them that a low silica/alumina ratio is characteristic of laterite and that it signifies the presence of free alumina. Iron is regarded as a non-essential constituent of laterite soils, and they emphasized that if iron is included in the ratio, many ferruginous soils would fall in the laterite class. According to their definition, the molecular ratio of silica to alumina in the clay fraction in true laterite is 1.30, whilst in lateritic soils it is 1.33 to 2.0. Many pedologists regard the silica sesquioxide ratio as a better basis for classification For example, Hardy and Follet-Smith (20) believe that the iron oxides play an important role in determining soil properties.

Pendleton (14, 21) is of the opinion that all chemical definitions of laterite should be discarded as they are inadequate to explain the true nature of such soils, and that they cannot be applied in the field. The analytical results obtained by him from numerous samples of laterite show that, except in three cases, the iron content is much higher than the aluminium, Fe_2O_3 averaging from two to three times Al_2O

He concludes by stating, « obviously, definitions of laterite which place the emphasis upon its aluminium content are misleading ». He also maintains that too much emphasis has been placed on the silica/sesquioxide ratios in soil profiles. A paper by Whitehouse (22), however, suggests that in certain circumstances « re-silication » of horizons in laterite soil profiles is possible. Vine (16) has suggested that the terms laterite, lateritic and laterised should no longer be used in soil science as « they have entirely different meanings to the geologists, as well as in popular usage from those based on composition of clay fractions ».

THE ORIGINAL DEFINITION.

The foregoing is sufficient to show to what extent the term laterite has been given different interpretations and definitions by various workers. In his description of the iron ore encountered on his Indian journey, Buchanan (quoted by Scrivenor) (11) states that « the ore is found forming beds, veins or detached masses in the stratum of indurated clay that is to be afterwards described......... What I have called indurated clay, is one of the most valuable materials for building......... » (*later*=the Latin for brick or tile). There is no doubt that in his choice of the word laterite, Buchanan was referring to the « indurated clay » and not to the « iron ore ». He also mentions that the clay contained a large quantity of iron in the form of red and yellow ochres. This ferruginous clay was named laterite by Buchanan, not because of its brick-like appearance, but because bricks were cut from it.

Many reddish or mottled soils thus came to be called laterite, irrespective of whether they could be cut into bricks, the real test of Buchanan's term. Later the term was used to include hard masses of concretionary cellular and pisolitic ironstones, a meaning particularly favoured by geologists and geomorphologists. The chemical definition given by pedologists is another deviation from the original meaning of the word. The literature abounds which instances of writers who have failed to understand the nature of the original laterite and the meaning of the word as intended by Buchanan. A notable example is Pendleton (21) who states that « one should clearly understand that by laterite is meant the material originally described by Buchanan..... namely, an illuvial horizon, largely of iron oxides, with a slag-like, cellular or pisolitic structure, and of such a degree of hardness that it may be quarried out and used for building construction ».

The confusion in the meaning of the word laterite lies firstly with those who have been lax in its application, and secondly in the unfortunate choice of the word itself. It is regrettable that Buchanan gave a lithological name to a material which could have been described as a ferruginous clay. Instead a word devoid of genetic significance was coined and applied exclusively to a local weathering product in

spite of the presence of genetically related but slightly dissimilar material in other areas to which the name was inapplicable. The word has been universally accepted and used by geologists, pedologists, agronomists and geomorphologists, although different meanings had been given to it by them. It however appears that no useful purpose can now be served by banning the word from scientific literature. What is required instead is a better knowledge of the origin of the word and its meaning, and a clearer, intelligible and more acceptable re-definition.

In the pages that follow, the connotation of the word laterite is in some respects not very different from that proposed by Pendleton (21). The dissimilarity is not fundamental, but rather due to differences of detail and those arising from a more thorough analysis of genetic relationships and characteristics. The definition is : Laterite is a vesicular, concretionary, cellular, vermicular, slaglike, pisolitic or concrete-like mass consisting chiefly of ferric iron oxides with or without mechanically entangled quartz and minor quantities of alumina and manganese; it is of varying hardness but it is usually easily shattered when struck a sharp blow with a hammer. Its mode of formation is varied but it usually forms in the soil profile, and under special slope, drainage and erosional conditions it may form on the surface. A laterite soil is one in which a laterite horizon is present in the profile, irrespective of its particular mode of origin, and a lateritic soil is one in the profile of which there is an incipient or immaturely developed laterite horizon, for instance a horizon, consisting of easily recognisable ferruginous concretions and/or a mottled colouring of reddish and/or brownish iron oxides, and which it is believed, will develop into a laterite if favourable conditions persist long enough.

This definition differs markedly from those based on the chemical constitution, viz. the silica/alumina and silica/sesquioxide ratios in the clay fraction, and the writer agrees with Pendleton (21) that chemical definitions of laterite should be discarded in favour of one that could be applied in the field and that would eliminate the possibility of further confusion in the pedologic-geological as well as in the practical sense. In addition, a simple, practical definition cannot fail to appeal to the engineer, the agriculturist and forester, the well-sinker, the soil-conserver and the quarry-man dealing with one or other form of laterite. It has been the finding of the writer that in Nigeria the meaning in general attached to the term laterite by practical men is restricted to the definition proposed above.

DISTRIBUTION AND MODE OF OCCURRENCE OF LATERITE IN NIGERIA.

Laterites of various types are widely distributed in Nigeria. Scaetta (13) established that in the sub-equatorial zone of West Africa there is a « layer of laterite concretions » at an average depth of

between 50-300 cm below the surface, extending as far 8°N. From 10°-14°N. the country carries a vegetation described as « park-bush » and is characterised by « tablelands of hard laterite, rarely covered by a thin eluvium supporting a degraded tropical forest ». According to Scaetta laterite is absent beyond the 16th parallel.

From a consideration of the field relationships shown by various types of laterites, it is possible to make the following sub-divisions.

(1) **The Higher-lying or Peneplain Laterite.**

The greater parts of the provinces of Zaria, Katsina, the western portion of Kano and many other contiguous parts in the Northern Provinces, form an extensive undulating plain at an altitude of about 2.000 feet. Flat-topped erosion remnants of a formerly continuous sheet of concretionary laterite rise above this plain. In some places these relics are devoid of vegetation, showing hard sterile laterite surfaces. The edges of these low laterite plateaux show steep escarpment like slopes in many cases, with screes of laterite merging on to the plain. The laterite consists chiefly of the concretionary dark-brown type, hard and porous on exposed surfaces, and grading through yellowish-brown, earthy ochrous and mottled types into the usually deeply weathered kaolinised and iron-stained zone overlying the bedrock Relict features, such as quartz lenses and veins running more or less undisturbed from the granite-gneiss into the laterite above show clearly that the laterite was formed by an in situ replacement process. Further to the east and south-east, notably in the east of Kano and Bauchi Provinces and in western Bornu, this laterite sheet has been buried beneath Chad Group sediments of post-Eocene age. The laterite sheet in the south-western part of Bornu is distinctly pisolitic in places and caps bevelled coarse-grained sediments of assumed Eocene age. Similar high-lying remnants of a former sheet dot the area in Niger Province, and continue to a point beyond Abeokuta. North of the latter locality a thick sheet lies on deeply-weathered and bevelled granite-gneiss, and forms prominent steep hill ranges which resulted from dissection following vigorous river incision.

There is no doubt that the formation of the original laterite sheet, the remnants of which today form low flat-topped plateaux in many parts of northern Nigeria, dates back to pre-Chad times, perhaps to late Tertiary. The evidence is clear that these erosion residuals mark a peneplain formed in post-Eocene-pre-Chad times, and that the laterite sheet was formed on this weathering surface before its burial under Chad sediments in the extreme north-east and its subjection to erosion in Zaria, Katsina and Niger Provinces. It is also evident that the formation of the laterite sheet was terminated under peneplain conditions and that subsequently it has been subjected to erosion, except in those parts where it has been covered by later deposits, as for instance the Chad sediments. The age of the laterite sheet in these parts is referable to that of the peneplain on which it occurs. Further

work may reveal older erosion surfaces carrying laterite sheets. Other workers, Fermor (5), have referred to high-lying laterite occurring on well-defined peneplains as primary, a word which may be misleading and better avoided. Lacroix has described it as « fossil laterite » (7), while Woolnough (23) in Australia has referred to it as duricrust, which, however, seems to include such surface deposits as calcretes and silcretes.

The mode of formation of peneplain laterite has been described by many writers, e.g. Campbell (9), Woolnough (10), Simpson (6), Pendleton (21), Lacroix (7), so that only short reference to it need be made here. It is now almost generally accepted that high-lying, level-bedded laterites capping old peneplain surfaces were formed during late stages of peneplain development when the watertable stood very near the surface and before the peneplain was uplifted and subjected to dissection by river erosion. There is, however, no agreement as regards the manner of deposition of the iron oxides. Simpson and Woolnough maintained that the oxides were deposited as efflorescences on the surface, brought upwards by capillarity and there deposited as solid matter owing to aeration and evaporation of the water ». Campbell (24), holds that « evaporation is not the cause of iron-bearing solutions depositing their iron, but oxidation is ». The available field evidence suggests that the deposition of the iron oxides in concretionary or cellular form took place in the soil horizon near the ground surface as a result of the evaporation and oxidation of capillary water, the main process apparently being that of oxidation. Campbell (24) has shown that the deposition of the iron oxides cannot take place below permanent water level, because of a lack of sufficient oxygen. An extension of the laterite zone downwards could therefore only have taken place if the watertable were depressed in response perhaps to a climatic change or a lowering of the regional base-level. An alternation of wet and dry seasons favoured the growth of the laterite zone in that it caused a seasonal oscillation of the watertable which facilitated the formation of laterite in much the same manner as a regional depression of the watertable. These two factors, seasonal rainfall and a general depression of the watertable during the end stages of peneplain development, were probably co-responsible for the formation of the peneplain laterite sheets in Nigeria. The laterite zone extended downwards in the wake of a weathered zone which also migrated downwards as the zone of watertable fluctuation extended in depth. That re-solution of already precipitated iron oxides by groundwater following the rise of the watertable during a wet season, did not take place to any material extent, is suggested by the fact that the iron oxides were deposited in a stable form under the prevailing laterite-forming conditions and that the groundwater was no doubt deficient in solvents likely to dissolve ferric iron, for instance organic material. Re-silication of the laterite horizon did not take place

with the temporary rise of the watertable during each wet season, as the silica could remain in solution under the prevailing physio-chemical conditions, and as the general depression of the watertable permitted a fairly free drainage of the silica-rich waters. Finally, laterite formation ceased when the watertable was lowered to such an extent that capillary action and the effects of watertable oscillation became negligible. A period during which these laterites became eroded and indurated ensued, following the dissection of the peneplain.

(2) **The Lower-lying or Pediplain Laterites.**

It has been pointed out above that the post-Eocene peneplain surface with its laterite blanket has been buried under Chad sediments in the north-eastern parts of northern Nigeria, while around Kano, Zaria and Katsina and further west, it has been subjected to denudation by which large portions of the laterite sheets were removed, leaving flat-topped residuals at many places. A new surface evolved on the peneplain, a surface comparable in some parts with the *Waylandian etch-plain* and in other parts with the *Bryanian pediplain*. On it has developed a series of laterites, which, according to their mode of origin, may be discussed under the following headings.

(a) *Detrital Laterite.* This laterite type, as the name suggests, is derived from the disintegration of higherlying or peneplain laterite by the ordinary process of mechanical and chemical erosion and weathering. In any particular area, this laterite will always be found at a lower level than the peneplain laterite because of its secondary mode of origin as an outwash, talus and rubble deposit resting on the slopes below the laterite-capped peneplain residuals.

This type may show considerable variation in appearance, even in the same area. It ranges from compact hard masses, firmly cemented by iron oxides, to poorly sorted, unconsolidated rubble accumulations containing blocks of the original laterite and admixtures of extraneous constituents in varying proportions. In contrast to the peneplain laterites, the contacts of the detrital laterite with the underlying rocks may be sharp and it not infrequently rests directly on fresh bedrock. It may sometimes contain stringers and bands of angular or well-rounded quartz pebbles which were released by weathering and erosion from the peneplain laterite and transported downslope and deposited in the form of sheets over other laterite rubble. In some cases however, there has been only slight lateral transportation but by sagging, as a result of subsurface denudation of the more easily removable substances underlying the hard near-surface laterite crust. In such cases, the detrital laterite may show a brecciated appearance and the contact with the underlying bedrock may be somewhat gradational though not on the same scale as that of the peneplain laterite. The slopes on which the detrital laterites accumulated may exceed 10° in places but it follows that further away from the peneplain

residuals, the gradient of the surface on which they are found may be much lower.

Fermor (5,7) referred to laterites comparable in mode of origin to this type of laterite as low-level laterite, secondary laterite (in contrast to the peneplain laterite as primary laterite) and detrital laterite. He then coined a new word lateritite, implying « a rock the individual constituents of which are pieces of laterite ». The word was put forward as a suggestion but it has not been adopted by later workers. A new word is not required and the adjective, detrital, could be used to denote this type of laterite.

The process by which these accumulations of laterite rubble may become thoroughly re-cemented to form compact, concrete-like masses, comparable in nature to the higherlying peneplain laterite, is mainly one of deposition of ferric oxides in the interstitial spaces between the rubble fragments. It is conceivable that the rubble becomes saturated with water which may dissolve minor quantities of ferric oxide which are redeposited when the rubble dries out. It is in this connection that organic matter may play an important role. Simpson (6) records the phenomenon at Mundaring, Western Australia, where spring water issuing from higher-lying peneplain laterite, is charged with « ferrous iron (1.32 grains per gallon) and organic matter together with insufficient inorganic radicles to satisfy the basic radicle. This water apparently contained organic compounds of iron ». It is possible that, if conditions are favourable for the incorporation of organic matter, the rainwater seeping into the higher-lying peneplain laterite may dissolve small amounts of iron in the ferrous state. When this water drains from the laterite into and over the loose detrital rubble downslope, where reducing conditions are no longer dominant, the ferrous iron may be deposited again on being oxidised, to form a ferruginous matrix cementing the loose rubble into a hard compact mass. It is not considered that sufficient organic matter is normally available on the laterite peneplain residuals in Nigeria to render this a process of wide application, but that it may take place under certain conditions is obvious. The formation of this kind of laterite has been going on since the peneplain laterite first became dissected and it is certain that it is still being formed at the present day.

(b) *Eluvial Laterite.* A laterite horizon of only a few inches in thickness is sometimes seen in the soil profile, derived from Basement Complex and other rocks at certain points on the surface cut from the laterite-capped peneplain. The laterite may be cellulal or skeletal in nature and may contain numerous grains of mechanically entangled quartz. It may be covered by a topsoil only a few inches thick, greyish or bleached in appearance, in fact a true lixivium, free from concretions or iron oxide stains except perhaps near its contact with the underlying laterite horizon. The latter may be underlain directly by decomposed granite bedrock. The felspars may be decomposed

and somewhat stained by iron oxides. Brown streaks of ferruginous matter extend downwards from the laterite horizon and fade out into the decomposed bedrock or end as an anastomosing network of veinlets amongst weathered bedrock blocks. Completely fresh granite may be present at a depth of 6 feet or even less and the watertable may be entirely absent.

A closer examination of the upper part of the laterite horizon will show that the central parts of the individual ferruginous concretions exhibit a relict felspar structure, surrounded by an irregular, corroded coating of iron oxides with mechanically included quartz grains. The relict felspar structures become more significant at deeper levels and indicate that the decomposed felspars were replaced by iron oxides, the felspathic material having been leached away. That this replacement process is proceeding downwards is shown by the shallow depth to fresh bedrock, the gradational relation existing between the laterite and the decomposed rock and the fact that the individual felspar crystals become less ferruginised with depth. In addition the upper parts of the laterite horizon show a distinctly skeletal structure and corroded surfaces, indicating that the more soluble parts have been leached and deposited downwards, leaving a ferruginous residue overlain by a few inches of grey lixivium.

It thus follows that the laterite horizon is migrating downwards by the leaching of the uppermost parts and by the deposition of the leached oxides at lower levels in the laterite horizon. This deposition takes place in two forms, namely as a replacement of the felspars and as a structureless ferruginous mass in the interstitial areas, the former probably preceding the latter. Decomposition of the felspars precedes the replacement by iron oxides. Although it is not stationary, the entire laterite horizon may be looked upon as an eluvial deposit, the more removable materials like the felspars having been leached out leaving only skeletons of replaced felspar crystals in a mass of eluviated iron oxides.

The conditions favourable for the formation of eluvial laterite are free underground drainage, an oxidising environment, a deficiency of organic matter in the soil and a high rainfall. This laterite type is still being formed in Nigeria at the present day. The process does not require an alternation of wet and dry seasons. The slope on which it may form, may exceed 10°.

(c) *Illuvial Laterite*. Some areas, especially those of the Basement Complex rocks and lying at a level below the laterite-capped peneplain remnants, have a soil profile containing a concretionary laterite horizon, which normally occurs at depths varying from a few inches to a few feet. It is usually overlain by a grey to brownish sandy topsoil and underlain by a bed of grey to whitish clay which may contain scattered laterite concretions and iron oxide stains. The laterite horizon is seen to grade into the underlying clay which in turn passes into bedrock. The watertable may be temporary, absent or very deep.

It is considered that the laterite horizon originates in the soil profile mainly by a process of illuviation. The iron oxides are, no doubt, derived from the zone of weathering overlying the fresh bedrock and are concentrated in a layer by the evaporation of soil moisture derived from rainfall or a temporary watertable. The zone of weathering is always in a fully aerated condition. It is doubtful whether a permanent watertable could have played any part in its formation as it is either absent or too deep at present, and it apparently always has been deep, absent or temporary. It seems likely that rainwater which seeps into the top-soil may become charged with small amounts of organic matter present there, which leaches the iron from the top-soil downwards and deposits it eventually in the laterite horizon when the limited amounts of organic matter are oxidised there and when the soil becomes thoroughly dried out. At the same time, the soil water (derived from the rains and perhaps from a temporary watertable) in the lower regions of the decomposition zone will rise with its iron content during times of drought and the iron will be deposited by evaporation. It is interesting to note that during this process, the major proportion of the alumina remains just below the concretionary iron oxide layer probably as a result of differential solution and deposition.

An alternation of wet and dry seasons and an oxidising environment favour the formation of this type of illuvial laterite in the soil profile. The small amounts of organic matter in the top-soil would appear to aid iron oxide leaching there and its transportation to the illuvial layer. A permanent watertable is not essential for its formation. The illuvial horizon may vary from a few concretions to a laterite layer a few feet thick.

(d) *Residual laterite pebble sheets.* Accumulations of loose, laterite concretions are sometimes encountered in areas where laterite of eluvial or illuvial origin is present. Such deposits are due to the removal by erosion of the top-soil and the disintegration of the eluvial and/or illuvial laterite or of an incipient or immaturely developed laterite horizon. These sheets are therefore similar in origin to the detrital laterite discussed above, but the parent materials are of different age and mode of origin.

(3) **Capillary Laterite.**

An unusual occurrence of rod-like laterite was observed in eolian sands in western Bornu. These sands form a thin cover on the post-Eocene, laterite-capped peneplains which bevel the Ecocene sediments. The rod-like laterite occurs in the sands as a horizontal band about 18 inches above the peneplain laterite. It consists of a mass of slender iron oxide rods which rise from a common base, showing a horizontal lower surface. These are composed of iron oxides and mechanically incorporated quartz grains. The individual iron oxide rods stand vertically or nearly so and are up to 3 inches in length.

The mode of origin is obvious. The peneplain laterite and its eolian cover were completely saturated with water at one time, to a level of 18 inches above the upper surface of the laterite. The water dissolved some of the iron oxides of the laterite and deposition by evaporation commenced along capillary openings which extended from the watertable vertically upwards. It is conceivable that if these conditions persisted long enough, the peneplain laterite could have been completely destroyed to form a new laterite horizon above it. In addition it affords an example of how old laterite may be de-laterised by the solvent agency of groundwater. In this connection, it is interesting to note that comparable instances of delaterisation by groundwater have been observed in wells sunk through Chad sediments and the old peneplain laterite in the east of Kano Emirate.

SOME FURTHER CONSIDERATIONS.

Conflicting opinions about certain physical properties of laterite have been expressed in the past. For instance, some writers maintain that laterite is a porous material while others consider the opposite to be true. From a consideration of the nature of the different laterite types as products of the different processes outlined above, it is clear that the porosity of any particular laterite type is determined by its mode of formation and also by the changes to which it has been subjected after its formation. For instance, the high-lying peneplain laterite is in all probability porous on account of the intensive leaching, alteration and disintegration to which it has been subjected after the dissection of the peneplain although it is likely that it was very impervious during the end-stages of its groœth. The low-lying illuvial laterite on the other hand may be considered as fairly impervious depending, however, on its stages of development.

During the discussion of laterite formation references to laterite as being a rock type have been deliberately avoided. The fact that it is chiefly formed in the soil profile and, in a few instances, on the ground surface has been emphasised. The conclusion that laterite is a product of pedogenesis in tropical and sub-tropical climates is inescapable. In spite of the fact that the formation of many laterites depends on the groundwater milieu in a particular area, it is usually in the soil profile, and therefore within the purview of the pedologist, that the effects of laterite formation become manifest. That laterite or laterisation effects may be evident at abnormal depths need not alarm the pedologist, because it should be remembered that compared with tropical soil profiles, most temperate zone soil profiles appear on a micro-scale. Laterite should be looked upon as a product of the most rigorous soil weathering processes known, resulting from the moist and oxidising conditions that commonly prevail in the soil profile in humid equatorial and sub-tropical regions. The formation of the various types of laterite is controlled by geomorphological and topographical factors.

The formation of laterite does not seem to be dependent on the petrological constitution of the country rocks. It may develop on all kinds of acid rocks like granites, gneisses and other metamorphic rocks. It may also occur on various basic rock types like norites and olivine basalts. It has been observed on all kinds of sedimentary rocks except those very coarse-grained, pervious types deficient in iron oxides.

It is not yet certain how the development of laterite in a soil profile can be arrested or reversed by agricultural methods. Scaetta's (13) suggestions are of interest but of doubtful value. It seems certait that the problem of laterite formation is closely linked with the role played by organic matter as an iron-reducing agent and as a protective sol in the soil and that its restoration to humus-poor soils may be the first step towards the reversal of the laterite process. In this connection Rosevear's (25) observation that a laterite soil appeared to have been completely delaterised under forest cultivation in sixteen years time, is of practical and scientific interest.

LITERATURE

1. Buchanan, F. — 1807, *A Journey from Madras, Canara and Malabar*, London, 3 Volts.
2. Lake, P. — 1891, *Geology of the South Malabar.* « Mem. Geol. Surv. », India, XXIV, p. 239.
3. Holland, T. H. — 1903, *On the Constitution, Origin and Deshydration of Laterite*, « *Geol. Mag.* », n° 3, Sec. V, Vol. X, pp. 59-69.
4. Maclaren, M. — 1906, *On the Origin of Certain Laterites* « Geol. Mag. » N. S. Dec. V. Vol. 3, p. 536.
5. Fermor, L L — 1911, *What is Laterite?* « Geol. Mag. » N S. Dec. V. Vol. VIII. N° 11, p. 462.
6. Simpson, E. S — 1912, *Notes on Laterite in Western Australia.* « Geol. Mag. » N. S. Dec. V. Vol. IX, p 399
7. Fermor, L L. — 1915, *The Work of Professor Lacroix on the Laterites of French Guinea.* « Geol. Mag. » N. S. Dec. VI. Vol. II, 1915, p. 28.
8. Holmes, A. — 1914, *Investigations of Laterite in Portuguese East Africa* « Geol. Mag. » N. S. Dec. VI. Vol. I, pp. 529-537.
9. Campbell, T. M. — 1917, *Laterite. Its Origin, Structure and Minerals.* « Mining Mag. », Vol. XVII, pp 65-67; 120-128; 171-179; 220-229.
10. Woolnough, W. G. — 1918, *Physiographic Significance of Laterite in W. Australia.* « Geol. Mag. » N. S. Dec. VI. Vol. V, pp. 385-393.
11. Scrivenor, J. B. — 1930, *Laterite.* « Geol. Mag. », Vol. LVII, pp. 24-28.
12. Imperial Bureau of Soil Science. — 1932, *Laterite and Laterite Soils I.B.S.S.* Tech. Com. n° 24.
13. Scaetta, H. — 1942, *Reviews of various Papers.* « Geogr. Review », April 1942.
14. Pendleton and Sharasuvanas. — 1942, *Analyses and Profile Notes of some Laterites and Soils with Iron Concretions of Thailand* « Soil Sc. », Vol. LIV, n° 1, pp. 1-26.
15. Jones Brynmor. — 1943, *Lateritic Ironstone in Sokoto Province.* « Farm and Forest ». Vol. IV, n° 1, pp. 15-23.
16. Vine, H. — 1948, *Nigerian Soils in Relation to Parent Materials.* « Conf. on Trop. Soils Paper », Rothamsted Exp. Stn.
17. Warth, H. and Warth, F. J. — 1903, *Composition of Indian Laterite.* « Geol. Mag. » N. S. Dec. IV. Vol. XVI, pp. 154-159.

18. Fox, G. S. — 1923, *Bauxite and Aluminous Laterite Occurences of India* « Mem. Geol. Surv. ». India, Vol. IXL. Part. 1, p. 221.
19. Martin, F. J. and Doyne, H. C. — 1927, *Laterites and Lateritic Soils in Sierra Leone.* « J. Agr. Sc. ». Vol. XVII, pp. 530-547.
20. Hardy, F. and Follet Smith, R. R. — 1931, *Studies in Tropical Soils II* « Journ. Agric. Sc. ». Vol. XXI, pp. 739-761.
21. Pendleton, R. L. and Sharasuvannas. — 1946, *Analysis of some Siamese Laterites.* « Soil. Sc. ». Vol. LXII. N° 6, p. 423.
22. Whitehouse, F. — 1940, *Studies in the Late Geological History of Queensland* Univ. of Queensland, Dept. of Geol. 2 (N. S.) n° 1.
23. Woolnough. W. G. — 1930, *The Influence of Climate and Topography in the Formation and Distribution of Products of Weathering.* « Geol Mag. » Vol. LXVII. N° 111, p. 123.
24. Campbell, J. M. — 1923, *Lateritoid in Northern Rhodesia.* « Geol. Mag. » Vol. LXI, N° 1.
25 Rosevear, R. D. — 1942, *Soil Changes in Enugu Plantations.* « Farm and Forest ». Vol. III. N° 1.

Communication N° 143

Les composés du fer dans le Sol

QUELQUES NOTES CONCERNANT LEUR COMPOSITION, LEUR ROLE, LEUR ETUDE ET LEUR IMPORTANCE

par

J. D'HOORE
Assistant à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C.
(Yangambi, Congo Belge).

Généralités.

L'étude des composés du fer s'impose de plus en plus en pédologie, et jouit d'un intérêt croissant. En effet, exprimé sous forme de Fe_2O_3, la plupart des sols en contiennent quelques pourcents, et dans les sols rouges la teneur atteint l'ordre de grandeur de dixièmes d'unité.

Les minéraux cristallins du fer mis à part, ces composés ne sont pas du tout des corps inertes et immobiles, dans les conditions du milieu sol. Leur gamme de mobilité s'étend de l'état amorphe, peu soluble mais à surface énorme, jusqu'à l'ion libre; elle embrasse les divers états de dispersion colloïdale et la grande variété des complexes ferriques et ferreux, minéraux et organo-minéraux.

Toutefois, on ne peut pas étudier le fer sans tenir compte de certains autres corps, que l'on peut classer en deux catégories : les corps analogues au fer, et les corps non analogues qui l'accompagnent.

La première catégorie groupe les métaux dont les oxydes portent le nom de sesquioxydes : le fer est l'un des plus représentatifs de

cette catégorie. Les sesquioxydes présents dans le sol en quantités pondérables sont le fer et l'aluminium; viennent ensuite, en quantités beaucoup moindres, le manganèse et le titane. Comme propriétés communes des éléments de ce groupe, on peut citer leur caractère amphotère plus ou moins prononcé, l'insolubilité de leur hydroxyde dans les conditions de pH du sol (pH 4-5), le caractère colloïdal de leur hydroxyde fraîchement précipité, les différents états d'hydratation de leurs oxydes, et leur faculté de former des complexes divers

La seconde catégorie groupe des corps qui semblent fonctionnellement liés au fer dans le sol.

L'étude expérimentale du fer du sol a comme première base une série de méthodes d'extraction, différentes et par le principe et par l'intensité de leur action. Signalons les méthodes par fusion qui libèrent tout le fer (fer total); viennent ensuite les méthodes qui laissent inattaqués les minéraux ferrugineux cristallins, mais solubilisent tout à partir des précipités d'oxydes et hydroxydes de fer et qui donnent le fer libre. Enfin il y a les méthodes de déplacement qui donnent la fraction la plus mobile du fer libre. Toutes ces méthodes solubilisent en même temps que les sesquioxydes, des quantités appréciables de silice colloïdale et d'autres anions tels que l'ion phosphorique, par exemple. Pour autant qu'il s'agisse du fer total et du fer libre, ce fait pourrait s'expliquer par simple solubilisation de composés minéraux présents, mais pour les méthodes par déplacement cet argument n'est plus valable.

En effet, nous n'employons que des réactifs à action très faible, les concentrations sont peu élevées, et la durée d'action est limitée.

Dans les extraits obtenus de cette façon, il se trouve toujours des quantités de silice et de matières organiques, comparables aux quantités de fer déplacées. En plus, divers anions tels que le chlorure, sulfate, phosphate, y sont également présents. Ce sont ces corps que nous désignons comme corps accompagnants.

Tous ces corps, groupés dans les deux catégories, peuvent faire partie intégrante du complexe adsorbant du sol. Ce terme, quelque peu vague, groupe toute matière du sol qui peut être le siège de phénomènes de sorption et d'échange. Ces phénomènes qui sont des phénomènes de surface, se joueront surtout aux surfaces des colloïdes.

Le complexe sorbant est de composition assez variable, fonction des variétés physiques, chimiques et biologiques du milieu. La partie organique, la plus importante de ce complexe, a un caractère hautement labile. Quant au fer, sa présence dans le complexe et la forme sous laquelle il s'y trouve, sont étroitement liées au comportement de cette matière organique.

Quoique également bien représentés dans nos sols, le fer et l'aluminium y jouent un rôle peut-être analogue mais d'importance pas du tout comparable. Le fer du sol est beaucoup plus mobile que l'aluminium. Ce fait fut déjà constaté par les fondateurs de la pédo-

logie moderne qui rapportaient les teneurs en différents éléments à la teneur en Al_2O_3.

En postulant l'immobilité de l'aluminium, ils chiffraient le lessivage ou l'accumulation de ces éléments dans le profil, et se servaient de ces rapports pour caractériser certains types de sol; ainsi :

$$\frac{SiO_2}{Al_2O_3} = Ki \text{ (Harrassowitz, Marbut)}$$

$$\frac{K_2O + MgO + CaO}{Al_2O_3} = b.a. \text{ (Harrassowitz)}$$

Ces différences de mobilité peuvent s'expliquer par les caractères chimiques du fer et de l'aluminium. Ce dernier ne se présente à l'état ionique que sous forme trivalente, le fer peut être di-et trivalent, et l'on a admis que dans certaines combinaisons il est présent à l'état hexavalent. Ceci ouvre au fer des possibilités de réaction beaucoup plus grandes : il peut former une variété de complexes plus large que l'aluminium. L'étude des minéraux argileux a révélé qu'ils sont généralement authigènes, c'est-à-dire formés sur place, et qu'ils sont riches en aluminium. Cet aluminium dérive de minéraux facilement altérables, et est fixé sous une forme relativement stable. Des minéraux argileux tels que la nontronite, qui est un silicate de fer (Fe_2O_3. 3 SiO_3. n H_2O) sont plutôt rares. La plus grande mobilité du fer par rapport à l'aluminium est encore illustrée par le fait que des enrichissements locaux en fer dans le profil sont beaucoup plus fréquents que ceux d'aluminium.

Pour le fer et l'aluminium mobile dans le complexe sorbant, nous pouvons poursuivre la comparaison. Les quantités de complexes présents doivent nettement montrer une prédominance des composés ferriques. Dans le sol, les hydroxydes colloïdaux dérivant en grande partie de ces complexes, l'hydroxyde d'aluminium colloïdal sera donc également moins bien représenté.

De plus, alors que le point isoélectrique de l'hydroxyde de fer se situe à une valeur pH de 7,15, celui de l'hydroxyde d'aluminium apparaît à pH 8.1. Ce dernier possède donc un caractère basoïde plus prononcé et sa rétention dans le complexe sorbant sera plus forte — à pH égal — que la rétention de l'hydroxyde de fer.

Ces considérations nous forcent à admettre que la teneur en aluminium du complexe sorbant suivra une évolution pédologique avec un décalage plus marqué et une variation quantitative moindre, que ne le fera la teneur en fer. Le fer dans le complexe sorbant est une variable significative, et la mesure de ses variations pourra nous fournir un nouveau moyen de suivre l'évolution d'un sol par rapport à un cycle végétal, par exemple.

Il est évident que tous les composés du fer dans le sol ne sont pas d'égale importance. Parcourons d'abord les différents groupes de

ces composés, en commençant par les plus stables, les minéraux ferrugineux cristallisés.

Les minéraux cristallisés.

Le tableau ci-après groupe quelques minéraux ferrugineux souvent présents dans les sols tropicaux. Leur formule, tout en indiquant leur composition chimique, souligne encore la nécessité de tenir compte des éléments analogues ou associés qui accompagnent le fer dans le sol.

Quelques minéraux ferrugineux cristallins du sol

NOM	FORMULE d'après Rogers et Kerr (34)	STABILITE
Ilménite .	$Fe\ TiO^3$	Peu altérables
Magnétite	$Fe^{II}\ Fe^{III2}O^4$	
Staurolithe	$(Al^2SiO^5)^2\ Fe(OH)^2$	
Epidote .	$Ca^2(Al.Fe)^3(OH)\ (SiO^4)^3$	
Biotite .	$K^2(MgFe)^3(OH)^2\ (Al\ Si^3O^{10})$	Facilement altérables
Hornblende . .	$Ca^2(Mg.Fe.Al)^5(OH)^2\ [(Si.Al)^4O^{11}]^2$	
Augite . .	$Ca\ (Mg\ Fe)\ (SiO^3)^2\ [(Al.Fe)^2O^3]\ X$	
Olivine . . .	$Mg\ Fe^2\ SiO^4$	

Ces minéraux ont une stabilité variable, mais ceci n'a souvent qu'une très faible répercussion sur la teneur en fer libre du sol. En effet, le fer libéré n'est pas sujet au lessivage intense que subissent des ions comme le potassium ou le calcium, mais il précipite dans le sol sous forme de minéraux secondaires, amorphes ou microcristallins dont il sera question dans un paragraphe suivant. Quand nous constatons l'absence quasi complète de minéraux riches en éléments biogènes et facilement altérables, nous pouvons conclure à un sol pauvre, à faible réserve de fertilité Il est à noter que ceci est le cas dans une très grande partie du Congo Belge, notamment à Yangambi. L'exubérance de la végétation naturelle ne s'y explique que par les conditions exceptionnellement favorables, et par une économie en cycle fermé des éléments nutritifs. Le maigre rendement après abatage de la végétation naturelle en fournit d'ailleurs la preuve incontestable. MILNE signale le même phénomène en Trinidad et en Guyane Britannique (29).

En ce qui concerne le fer, faisons observer que les sols tropicaux et équatoriaux les plus riches en fer libre sont les plus pauvres en minéraux ferrugineux facilement altérables. Dans les fractions lourdes des grandes quantités de Ilménite et de Magnétite sont présentes, mais la biotite, les pyroxènes, les amphiboles sont très rares.

Il y a lieu de rappeler ici que le « temps géologique » et le « temps pédologique » sont d'un ordre de grandeur bien différent En pétrologie sédimentaire par exemple, l'authigenèse de certains minéraux cristallins (Magnétite, Epidote), peut présenter une réelle importance : le temps requis pour de pareilles transformations est à l'échelle géologique. Du point de vue pédologique, ces transformations doivent être considérées comme négligeables, car le facteur temps est beaucoup plus limité. Il s'ensuit qu'en Pédologie l'altération des minéraux ferrugineux de néoformation doit être considérée comme une réaction *irréversible*. Par contre, comme nous l'indiquerons plus loin, à partir des oxydes de fer hydratés, les réactions du fer dans le sol deviennent *réversibles*.

Dans l'étude du fer des sols intertropicaux, les minéraux cristallins ne présentent qu'un intérêt secondaire comparé à celui que nous devons accorder aux minéraux ferrugineux de neo-formation : les oxydes hydratés.

Les oxydes hydratés, minéraux secondaires.

Pour les minéraux ferrugineux, le produit le plus probable qui se forme à la suite de l'altération est l'hydroxyde de fer trivalent. Il est vrai que dans les silicates ferrugineux, le fer bivalent domine; mais les conditions d'humidité et d'acidité relativement faibles dans lesquelles l'altération se passe généralement, favorisent l'hydrolyse des sels ferreux formés et la formation de l'hydroxyde bivalent. Celui-ci s'oxyde très facilement en hydroxyde trivalent, l'orthohydroxyde qui fraîchement précipité est à l'état colloïdal. Son point iso-électrique correspond à une valeur pH = 7.15. Dans un sol où le pH est plus bas que cette valeur, l'orthohydroxyde de fer est chargé positivement et sorbable à toute surface de ce sol qui porte des charges négatives

De nombreuses recherches furent effectuées sur l'hydroxyde ferrique. (Cfr. Chaudron (10). Si cet hydroxyde, fraîchement précipité dans des circonstances bien définies, est tout à fait amorphe, après un certain temps on constate le phénomène de « vieillissement »; celui-ci consiste en une déshydratation (formation du mono-hydrate, le méta-hydroxyde), polymérisation du monohydrate et formation de goethite, une forme cristalline (microcristalline) du monohydrate. En certaines circonstances le monohydrate donne lieu à la lépidocrocite, mais ceci paraît plutôt rare dans la nature. La goethite et la lépidocrocite se distinguent par leur spectre aux rayons X, par leur comportement à l'analyse thermique, et par leurs propriétés magnétiques.

Les limonites sont des corps moins bien définis que les deux minéraux précités. On admet que ce sont en majeure partie des monohydrates de Fe_2O_3, partiellement cristallisés en goethite, contenant de l'eau d'adsorption et plusieurs corps étrangers tels que alumine, titane et des anions tels que silicate, phosphate, sulfate, vanadate etc... (Cfr. Doelter, 19).

Les minéraux ferrugineux secondaires présentent beaucoup d'analogie avec les limonites. Ils sont en partie amorphes, en partie microcristallins (goethite) et les mêmes genres « d'impuretés » les accompagnent.

Toutefois, une déshydratation plus poussée donne lieu à des composés rouges connus sous le nom d'hydrohématite, d'hématite ou d'oligiste CORNU (loc. cit. (19) admet l'existence d'une série de déshydratation : gel limonitique — limonite brune — hydrohématite — hématite. Ceci nous fait admettre que l'oxyde de fer hydraté des sols rouges a atteint un degré de déshydratation plus poussé que celui des sols jaunes.

Nous avons donc schématiquement :

$$Fe \rightarrow Fe\,(OH)_2 \rightarrow Fe\,(OH)$$

$$= O$$

$$2\ Fe\,(OH) \rightarrow \begin{matrix} Fe \\ \quad -OH \\ \quad -OH \\ Fe \\ O \end{matrix} \rightarrow Fe_2O_3$$

Orthohydroxyde colloïdal	Métahydroxyde amorphe ou microcristallin	Oxyde cristallin ou microcristallin.

L'adsorption du fer aux surfaces du sol devient possible dès la précipitation de l'orthohydroxyde colloïdal. La déshydratation le précipite d'une façon peu réversible. Ceci permet aux hydroxydes de cimenter solidement les particules colloïdales du sol auxquelles ils sont adsorbés, et de diminuer considérablement la surface active du sol. Le fait est bien connu, surtout en pédologie tropicale, que des sols sablonneux en apparence, après une préparation chimique qui dissout partiellement ces hydroxydes, se révèlent fortement argileux à l'analyse granulométrique. Il importe donc de faire une distinction entre colloïdes du sol peptisés ou réversiblement floculés, et colloïdes cimentés en plus grands agrégats. Ceci constitue en effet un élément important dans l'étude de la texture du sol.

Une autre propriété importante est l'énorme surface que ces hydroxydes présentent dans le sol. Ils sont étalés en mince pellicule sur presque toute la surface réelle du sol, y inclus celle des particules à dispersion colloïdale; ceci augmente considérablement les possibilités de réaction.

Le cycle du fer dans le sol.

Nous pouvons considérer ces hydroxydes, minéraux authigènes par excellence, comme le point de départ et d'arrivée du cycle pédologique du fer. En effet, la chaîne de réactions donnée plus haut peut aussi bien débuter à partir d'ions Fe^{II} libérés dans le sol par un pro-

cessus biologique, qu'à partir d'ions Fe^{II}, libérés par altération minérale.

Le fer du sol n'est pas également réparti dans le profil. Or, la forme dominante sous laquelle le fer se présente est l'oxyde hydraté, très peu soluble et très peu mobile. Il doit donc exister des formes mobiles du fer, formées aux dépens d'oxydes hydratés, et qui, après transport, peuvent donner lieu aux mêmes oxydes immobiles.

Dans les conditions naturelles du sol, la solubilisation directe des oxydes de fer hydratés en ions libres est peu probable. En effet, l'existence de ces ions est étroitement liée à la concentration en ions $H^{\cdot}$. L'ion Fe^{II} libre ne peut exister qu'à des valeurs de pH inférieures à 5.5 et l'ion Fe^{III} à des pH inférieurs à 2.5. Nous avons déjà signalé la facilité avec laquelle l'ion Fe^{II} s'oxyde : son existence dans un sol normal sera donc limitée. Cet ion néanmoins peut exister en grande quantité dans des cas exceptionnels, tels que sols inondés. Il est donc difficile d'admettre que le fer se meut dans nos sols acides à l'état d'ions, sous forme de carbonate ferreux, par exemple. Les théories qui expliquent ce mouvement par l'existence de complexes silico-ferriques semblent plus proches de la vérité. Différents complexes, stables dans les conditions habituelles du milieu sol, ont pu être préparés synthétiquement (14) (15) (31) (32). Notons toutefois que ces complexes synthétiques furent toujours préparés en partant d'ions ferriques.

Il a été également possible de préparer par synthèse des complexes organo-ferriques et ferreux stables (7), c'est-à-dire ne précipitant pas aux conditions de pH du sol. SCHMIDT (36) définit le complexe métallique comme suit : c'est un composé chimique constitué par un ion métallique à charge positive et un anion organique ou inorganique à charge négative. Ce composé est soluble dans l'eau et dans cette solution l'activité de l'ion métallique est grandement réduite. La charge électrique du composé peut être égale mais est généralement différente de celle du cation métallique, et en grandeur et en signe

Spécialement en ce qui concerne les complexes du fer III, le même auteur, se basant sur des résultats d'électrophorèse, signale que :

1) les radicaux ayant un groupement carboxyle et un groupement OH en position α (le pouvoir complexant est moindre quand le OH se trouve en position β);

2) les acides à deux groupements carboxyle (l'interposition de groupements CH_2 diminue l'effet);

3) les acides inorganiques, tels que l'acide orthophosphorique, qui ont une structure analogue à celle des hydroxy-acides organiques forment des complexes avec le fer ferrique en milieu acide (pH 2,5).

Dans le sol il doit exister des complexes organo-ferriques et -ferreux pareils, et c'est surtout à l'existence de ces complexes que doit

être rapportée la mobilité du fer. Aussi nous proposons le terme « fer mobile » pour désigner le fer lié sous forme de complexes organiques. Le terme « fer libre » s'applique à tout fer du sol de formation secondaire, le « fer mobile » en constitue la partie la plus variable.

Quel est maintenant le mécanisme de la mobilisation de l'oxyde de fer hydraté ?

Il existe plusieurs méthodes pour doser le fer libre et, en même temps, pour décaper les minéraux argileux de la pellicule d'oxydes qui les entoure, traitement préalable nécessaire pour l'analyse aux Rayons X.

Ces méthodes ont deux principes communs : elles nécessitent un milieu réducteur et la présence d'un radical complexant. En plus, pour ne pas attaquer les argiles, le pH du milieu reste très proche de celui que l'on peut trouver dans le sol. Citons :

1) La méthode de Truog (1936) (42)
   acide oxalique et sulfure de Sodium (H_2S naissant comme réducteur)
2) La méthode Jeffries (1941) (22)
   oxalate de Sodium-acide oxalique + aluminium métallique (H_2 naissant comme réducteur)
3) La méthode Dion (1944) (18)
   Tartrate d'ammonium/aluminium métallique.
4) ALLISSON et SCARSFT (1942) (1) ont mis au point une méthode microbiologique pour le dosage de ce fer libre. Elle est réalisée au moyen de cultures anaérobies, ce qui assure le milieu réducteur. Le radical complexant est fourni par les produits de métabolisme des bactéries.

Ce milieu réducteur n'est pas indispensable mais active considérablement la mise en solution.

Dans le sol, les conditions pour mobiliser l'hydroxyde de fer suivant des mécanismes analogues aux précédents, peuvent facilement être réalisées. Il s'y forme certainement des radicaux organiques capables de complexer le fer. Il peut s'y passer des processus anaérobiques, capables de fournir le milieu réducteur et de donner lieu à des complexes ferreux ou ferriques-ferreux. La mobilisation naturelle du fer à partir d'oxydes hydratés par l'intermédiaire de radicaux organiques complexants est donc plus que probable.

La stabilité de ces complexes dépend du radical R et des conditions de pH. En général, la stabilité des complexes du Fer III augmente vers le côté acide, en passant toutefois par un maximum. Il est également connu qu'un complexe peut réagir avec un autre radical complexant; (par exemple schématiquement) :

$$FeR + XR' \longleftrightarrow FeR' + XR$$

Les réactions de cette sorte sont toujours lentes.

En admettant l'existence de complexes pareils dans le sol, nous pouvons déduire une explication plausible du mécanisme du réactif de COMBER. Ce réactif se compose d'une solution de Sulfocyanure d'Ammonium dans de l'alcool méthylique. Agité avec de la terre, le réactif se colore en rouge, et la coloration serait en rapport avec l'acidité du sol. La couleur est causée par le complexe $(Fe_2(SCN)_6)$, complexe très stable en milieu acide. Nous avons dit plus haut que les complexes organiques du Fer III ont leur maximum de stabilité du côté acide, d'où il résulte que le maximum de la capacité de complexation pour le Fer III est également du côté acide. Les ions Fe^{III} libres étant pour ainsi dire inexistants dans le sol ou tout au plus à l'état « naissant » comme nous l'indiquerons plus loin, ils ne peuvent être rendus seuls responsables de la coloration du réactif. Mais, le radical sulfocyanure (SCN) qui est un radical complexant très fort, peut déplacer le Fer III des complexes du sol; ces réactions sont lentes et des résultats reproductibles ne sont obtenus qu'après 48 heures de contact.

En employant la méthode de COMBER nous avons constaté :

a) que l'échelle de couleurs employée en Europe, n'est pas utilisable pour les sols équatoriaux de Yangambi;

b) que pour des valeurs de pH sensiblement égaux, la coloration diminue fortement avec la profondeur, c'est-à-dire avec la teneur en matières organiques.

Nous devons donc prévoir l'existence de complexes ferreux de complexes ferriques et de complexes ferriques-ferreux, et les considérer comme en équilibre entre eux et avec les conditions naturelles du milieu, telles que le pH et le potentiel d'oxyde réduction.

Ces complexes peuvent s'introduire dans les corps appelés gels mixtes : ceux-ci sont des mélanges non stéchiométriques, des différents gels du sol, à caractère hautement amphotère, et de ce fait hautement actifs au point de vue sorptif (anions et cations). Ils peuvent recouvrir la partie microcristalline du complexe sorbant : les minéraux argileux.

Nous soulignerons plus loin l'influence profonde que peuvent avoir les composés du fer sur ce complexe sorbant.

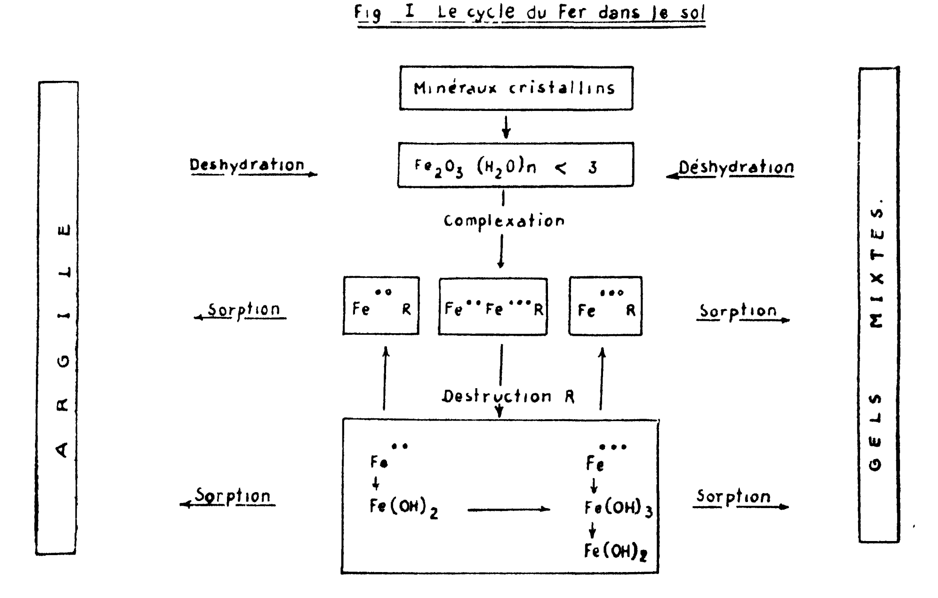
Un phénomène important est la destruction, biologique ou autre, à laquelle sont soumis les Radicaux organiques complexants. Ce processus doit être continu et assez rapide dans les sols intertropicaux Nous constatons, en effet, que les teneurs en matières organiques des sols sont faibles, malgré le grand apport par la végétation : il ne peut donc être question d'accumulation. Cette destruction peut donner lieu à des ions ferreux et ferriques, à l'état « naissant » car, les conditions du milieu sont telles qu'une hydrolyse des sels s'impose, avec formation de sels basiques ou d'hydroxydes.

Nous parlerons plus loin de l'ion basique $Fe(OH)_2^+$. Cet ion est présent dans les pseudo-solutions d'hydroxyde de fer, et a le caractère d'un ion positif monovalent. Tous ces ions simples, ions complexes, hydroxydes peuvent entrer dans le complexe sorbant, et modifier les propriétés de surface.

Dans ces gels mixtes, les composés organiques sont les plus importants du point de vue sorptif, et ils ont un caractère très instable: le fer qu'ils retiennent tend donc dans tous les cas vers la forme hydroxyde, et celle-ci par déshydratation vers la forme Fe_2O_3 $(H_2O)n < 3$, qui était notre point de départ.

Ce cycle du fer dans le sol est représenté schématiquement dans la Fig. I ci-dessous :

Fig I Le cycle du Fer dans le sol



L'étude du fer mobile dans le sol.

Le fer mobile ne représente que quelques pourcents du fer total : exprimé en Fe_2O_3, la teneur est de l'ordre de grandeur du millième. Cette faible quantité ne constitue pas un obstacle à son étude parce que les méthodes de microdosage du fer sont bien au point. (5) (25) (26). La grande difficulé du problème réside en la mise au point de méthodes d'extraction spécifiques.

Dans la recherche des solutions nécessaires pour ces extractions, nous nous sommes basés sur les principes suivants :

Puisque la forme la plus probable du fer mobile est la molécule complexe, il faut l'extraire au moyen d'un radical complexant fort. Puisque ces complexes peuvent être adsorbés aux surfaces du sol, le choix de radicaux à caractère fortement ionique s'impose. Ensuite, il est nécessaire de tamponner les solutions à une valeur pH constante,

semblable de préférence au pH qui règne dans le sol, vu les conditions de stabilité des complexes.

Nous avons d'abord essayé le réactif de TAMM qui a la composition suivante :

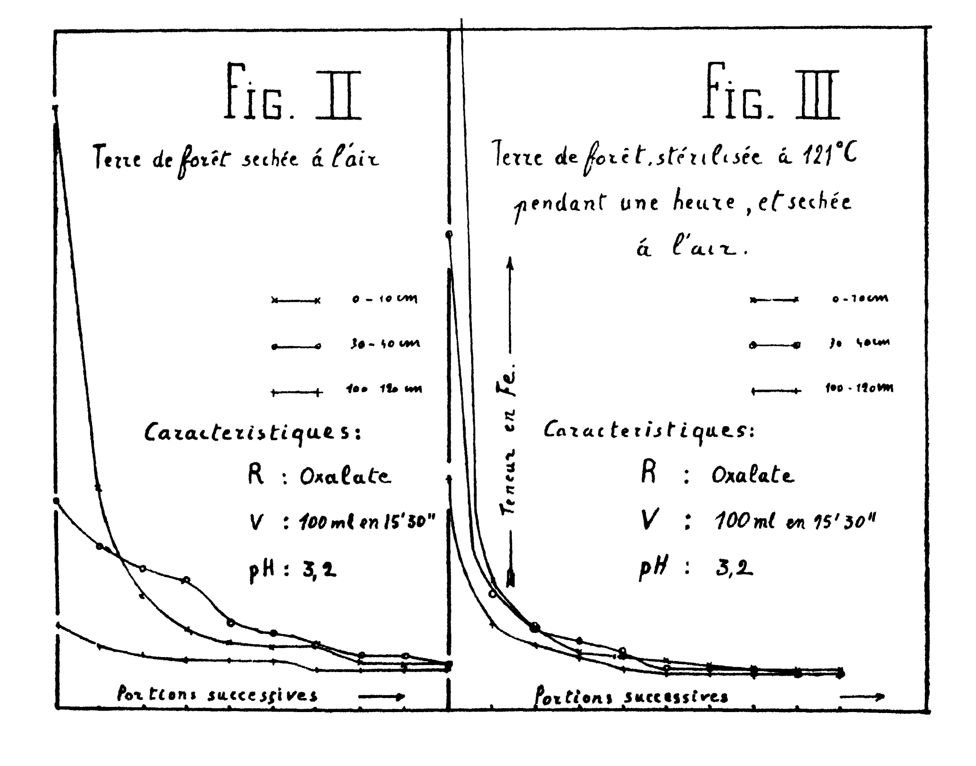
H_2O_X 2 aq. 31.5 g pour 2500 ml H_2O.
$(NH_4)_2$ O X 62.1 g pH = 3.2

Cette méthode nous donnait des résultats peu reproductibles et des différences très peu marquées pour les différentes profondeurs d'un même profil.

Dilué 10 fois, ces différences étaient mieux marquées, mais toujours très peu reproductibles, surtout pour des temps de contact différents.

Ceci nous amenait à passer du simple contact à la percolation à vitesse constante, ce qui nous donnait pour des quantités de percolat données (250 ml/10 g terre) des résultats bien reproductibles, avec des différences nettement marquées dans le profil, et avec des allures distinctes d'un objet à l'autre.

Notre mode opératoire était le suivant : pendant la percolation à vitesse constante, nous recueillons des portions égales, qui sont analysées séparément, et les teneurs en fer sont portées graphiquement par rapport au temps (intervalles constants). Ceci donne des courbes bien typiques, qui accusent des paliers, révélant des réactions diverses



Les fig. II et III représentent quelques-unes de ces courbes, pour des échantillons prélevés à différentes profondeurs dans un même profil de forêt à Yangambi.

Le réactif de Tamm a un grand inconvénient, qui explique d'ailleurs la faible reproductibilité des résultats obtenus par la méthode. Il s'attaque aux hydroxydes de fer du sol, d'une façon lente mais suffisante pour fausser les résultats. Le palier inférieur de nos courbes correspond à cette dissolution des hydroxydes.

Pour parer à cet inconvénient, nous avons essayé plusieurs autres réactifs (au Lactate, Citrate, Tartrate ....) L'anion complexant le plus actif et le plus sélectif est l'anion Fluorure.

Nous espérons publier prochainement une étude détaillée des techniques employées et donnant les premiers résultats.

Signification pédologique de ces différents composés de fer.

Pour plusieurs raisons, nous ne pouvons traiter de ce sujet que d'une façon très incomplète. Le nombre d'inconnues est imposant, la mise au point de méthodes sélectives et sensibles n'est qu'à son début. En plus, les composés les plus actifs sont d'une nature extrêmement labile, produits souvent par intervention biologique et peu connus. Nous avons déjà signalé (16) dans un travail antérieur l'influence d'une brève ébullition sur la mouillabilité d'un colloïde du sol. La fig. III illustre l'effet d'une stérilisation humide (1 heure à 121° C.) sur les mêmes échantillons de terre que ceux de la figure II. L'ampleur de la contribution des composés du fer aux propriétés biologiques, chimiques et physiques du sol se reflète dans la littérature récente. De nombreuses publications, dans presque tous les domaines de la pédologie et de l'agrologie, en témoignent.

Nous citons :

— La signification du fer comme catalyseur dans les processus de l'humification (33);
— L'influence du fer sur l'agrégation et la structure des sols (28) (44);
— L'influence des complexes organiques du fer sur la croissance des plantes et des microorganismes (45) (7);
— L'application de complexes synthétiques pour combattre la chlorose des feuilles (15) (41);
— Les sols rouges, les plus ferrugineux, retiennent mieux l'iode que les sols moins riches en fer. Ceci serait à mettre en rapport avec la fréquence de maladies hypothyroïdiques parmi les populations indigènes (goître, crétinisme) (21).

Nous nous bornerons à une confrontation de faits concernant le fer, recueillis dans la littérature récente, avec quelques observations que nous avons pu faire, et ceci à propos d'un sujet bien défini : le complexe sorbant du sol.

L'influence des composés du fer sur le complexe sorbant.

Selon les conceptions modernes, on peut distinguer deux groupes dans le complexe sorbant du sol :

a) Une partie micro-cristalline, où les représentants principaux sont les minéraux argileux proprement dits.

b) Les gels mixtes organo-minéraux, représentant un mélange hétérogène de colloïdes organiques et minéraux, tels que silice colloïdale, hydroxyde d'aluminium et de fer.

Dans les sols, c'est ce dernier groupe qui est le plus mobile et ses colloïdes peuvent s'étaler sur de grandes surfaces. Ils ont un caractère plus labile, ou plutôt plus modifiable, que les argiles et ces modifications entraînent des changements profonds des propriétés sorptives

Les gels mixtes, comme le conçoivent MATTSON (cfr. Kelley (23) et Tyulin (43) comprennent les argiles microcristallines et les gels amorphes. Les argiles n'en constituent que la partie la mieux connue. Quand nous distinguons ici les argiles, c'est principalement parce que beaucoup de renseignements ont pu être obtenus en partant d'argiles pures, à structure connue.

A : Les argiles pures ont une charge électro-négative; elles peuvent donc s'entourer d'un nuage d'ions positifs. Pour étudier l'influence du fer sur le pouvoir sorbant des argiles, on a fait adsorber l'ion Fe $(OH)_2^+$ à des argiles purifiées : un séchage peut provoquer deux sortes de changements : (DION) (18)

$$\text{Argile} - \text{Fe} \begin{matrix} -\text{OH} \\ -\text{OH} \end{matrix} \rightarrow \text{Argile} - \text{Fe} - \text{O} + H_2O$$

$$\text{Argile} - \text{Fe} \begin{matrix} -\text{OH} \\ -\text{OH} \end{matrix} \rightarrow 2\ \text{Argile} - \text{H} + Fe_2O_3 + H_2O$$

En effet, on constate que la capacité de rétention en bases est diminuée dans le premier cas et est restée inchangée dans le second En suspension dans l'eau, la seconde argile est devenue plus acide

Nous concluons que l'ion (Fe $(OH)_2^+$ peut être adsorbé comme base échangeable, et que par déshydratation, l'oxyde de fer hydraté peut bloquer une partie de la surface, siège du pouvoir d'échange de bases des argiles.

Le fait est d'ailleurs connu que l'enlèvement du fer libre des surfaces des argiles, augmente en général, la capacité d'échange. DION signale un cas où cette capacité d'échange fut augmentée de 58.8 %. De cette augmentation, on peut évaluer la quantité de fer « échangeable » retenue. Le fait que cette augmentation n'est pas en rapport avec les quantités de fer extraites montre que tout le fer libre du sol n'est pas fixé de cette façon, et que ce blocage n'est pas d'égale importance dans tous les sols.

L'hydroxyde de fer adsorbé porte vers l'extérieur des anions OH^-, échangeables contre différents anions.

La littérature sur l'adsorption des phosphates est très étendue. Spécifions que, au pH qui règne dans le sol, seuls les ions HPO_4^- et $H_2PO_4^-$ peuvent subsister en solution aqueuse. Il y a longtemps déjà qu'on tient les sesquioxydes du sol pour les grands responsables de la dégradation des phosphates; on croyait d'abord à la formation de phosphates peu solubles. Des expériences ont démontré que ce n'était pas là la principale cause.

PERKINS et KING (30) ont étudié l'adsorption de phosphates à différents minéraux du sol, (diam. 150 μ). Ils trouvent les valeurs les plus hautes pour la muscovite, la biotite, la limonite et une variété d'hématite, cette dernière probablement partiellement réhydratée en limonite.

Dans une série de publications (11) (12) (13) COLEMAN étudie l'adsorption des phosphates par des minéraux argileux purs. Il constate que cette adsorption varie peu avec le pH pour la montmorillonite et la kaolinite. En présence d'oxydes de fer et d'aluminium libres, la quantité de phosphates adsorbée augmente considérablement et cette quantité croît sensiblement vers le côté acide.

Avec COLEMAN, KELLY et MIDGLEY (24) avaient déjà avancé la théorie que la fixation des phosphates était le résultat d'un échange d'ions OH contre des ions phosphate.

Il résulte également de leurs travaux que pour un sol et une poudre de limonite, les courbes de rétention de phosphates en fonction du pH ont une allure parallèle : la plus grande rétention se fait entre pH 3,5 et 7.

Enfin, antérieurement à tous ces travaux, DICKMAN et BRAY (17) avaient trouvé que l'ion F déplaçait les phosphates adsorbés à des argiles. Ils avaient aussi constaté que l'ion F^- déplaçait des quantités équivalentes d'ions OH^-, et qu'il s'agissait donc réellement d'un phénomène d'échange.

La rétention d'anions divers est relatée, et dans la plupart des cas on souligne l'influence positive du fer, sur la rétention.

Sont signalés comme adsorbables :

Fluorure (17) (37) (38) (39) (24)	:	Phosphate (voir plus haut)
Arséniate (46)	.	Acétate (37) (38) (39)
Silicate (24)	:	8 hydroxychinoline (20)
Oxalate (37) (38) (39) (9)	:	Différentes matières organiques du sol (37) (38) (39)

Les faits suivants peuvent être mis en rapport avec des phénomènes d'adsorption et de déplacement d'anions :

— En milieu alcalin et neutre SiO_3^{--} mobilise les phosphates (4);

— Un mélange de serpentine moulue (silicate de Mg) et de superphosphate, rend le phosphate de l'engrais plus assimilable (2) (3);

— Une application de silicate de calcium ou de magnésium mobilise les phosphates (40);

— L'influence favorable de scories basiques doit être cherchée aussi bien dans la teneur en Ca qu'en la teneur en silice colloïdale (6);

— En milieu acide (pH 4-5) une addition de 8 hydroxichinoline augmente la quantité de phosphate extrayable par acides faibles (20);

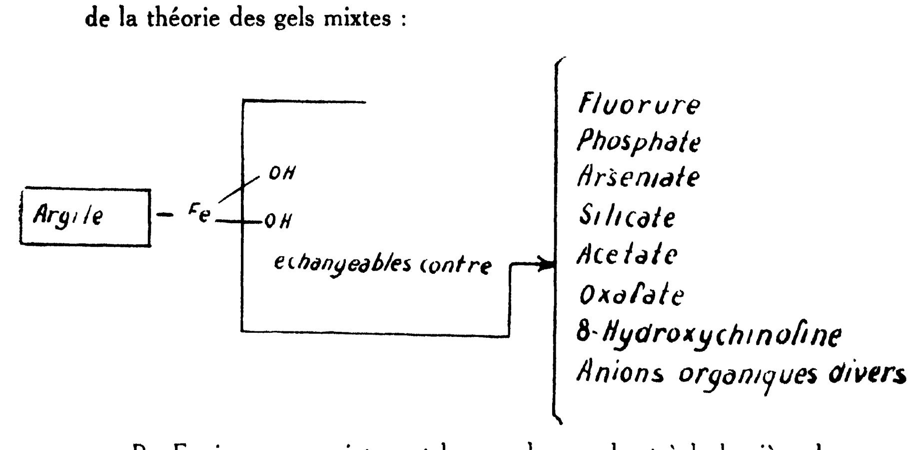
— L'ion AsO_4^{---} est fortement retenu par des oxydes de fer et des sels ferrugineux. Dans les sols, il déplace de la silice colloïdale (46); en milieu neutre il déplace les phosphates (35);

— Une addition de matière organique (extraite par oxalate d'ammonium) d'un sol de la zone tempérée mobilise le phosphate dans les sols latéritiques (8);

— L'oxalate (réactif de Tamm) est un bon « solvant » pour le phosphate organique du sol (27);

— Des solutions de fluorure, de phosphate, d'oxalate et d'acétate de sodium à des pH supérieurs à 4.0 déplacent des matières organiques (37) (38) (39).

De ce qui précède, nous pourrons donc nous faire l'image suivante du complexe sorbant du sol, en ne tenant pas compte momentanément de la théorie des gels mixtes :



B : Envisageons maintenant le complexe sorbant à la lumière des théories sur les gels mixtes organo-minéraux.

Nous devons nous représenter ce complexe sorbant, comme un ensemble hétérogène d'ions, de molécules, de macro-molécules, de particules à dimension colloïdale, de natures organique et inorganique. Cet ensemble est caractérisé par l'absence de rapports stoechiométriques, par des phénomènes de surface et des propriétés électrostatiques propres aux systèmes colloïdaux. Chaque composant contribue aux propriétés globales du complexe sorbant. Les modes de liaison sont des plus divers, et ont des stabilités différentes. Parmi les moins stables, nous pouvons grouper celles qui ont leur point d'attache aux colloïdes organiques.

Il fut établi, pour des sols où l'argile proprement dite jouissait de propriétés sorptives relativement grandes, que la capacité de sorp tion du colloïde organique était plusieurs fois supérieure à celle de l'argile. *A fortiori*, dans des sols comme ceux de Yangambi, où la capacité de sorption des argiles n'est que de quelques milliéquivalents, le rôle du colloïde organique doit être d'importance capitale.

Le colloïde organique est un colloïde amphotère. Il porte des charges positives et négatives, dues à des valences résiduelles : celles-ci trouvent leur siège dans la structure même des molécules constituantes. Suivant la concentration en ions hydrogènes dans le milieu, les liaisons internes des molécules peuvent varier et la balance entre charges positives et négatives va changer en faveur des uns ou des autres. Le pH pour lequel les charges se compensent est appelé le point iso-électrique.

Le colloïde organique porte des groupements acides et des groupements basiques. Quand le pH descend en dessous du point isoélectrique, le caractère acide du colloïde augmente du fait que les charges positives se trouvent augmentées au détriment des charges négatives. Le colloïde pourra donc adsorber *moins de cations* (K, Ca, Mg) et *plus d'anions* (HPO_4, H_2PO_4). Quand le pH devient supérieur au point isoélectrique, l'inverse se produit. Il serait difficile de donner le point isoélectrique de « la matière organique » vu sa grande hétéro généité, mais par analogie avec d'autres corps (acides aminés par exemple) et par la prépondérance présumée de radicaux acides, nous pouvons nous attendre qu'il se place à un pH inférieur à 7, donc dans la zone acide.

Nous avons indiqué plus haut que l'hydroxyde colloïdal ferrique, et les complexes organiques du fer peuvent entrer dans le complexe sorbant. Examinons d'abord l'influence que peut avoir l'entrée du colloïde $Fe(OH)_3$.

Comme indiqué plus haut, le point isoélectrique de ce colloïde est situé à pH 7,15, donc plus haut que celui du colloïde organique. Dans les conditions de pH du milieu sol (pH 4-5) il aura donc un caractère nettement électropositif. A son entrée dans le complexe sorbant, il rehaussera le point isoélectrique du colloïde global. Si le pH ambiant reste inchangé, le caractère basoïde du complexe sorbant augmentera donc encore. Au fait, le pH du milieu doit changer par l'entrée d'un groupe positif dans le complexe : puisque le caractère négatif diminue, des ions H^{+} adsorbés sont libérés, contribuent à l'acidité ambiante, et renforcent encore le caractère positif.

Quand le fer entre dans le complexe sorbant sous forme de complexe organique, l'effet est beaucoup moins marqué. La charge positive de l'ion Fe est fortement masquée par le radical organique. Tout dépendra évidemment de la « force » du radical organique. Des

radicaux faiblement électronégatifs ne pourront que diminuer la charge positive, des radicaux forts peuvent l'invertir.

Les complexes organiques du fer sont donc beaucoup plus préjudiciables aux bonnes qualités du complexe sorbant que l'hydroxyde

Lorsque la quantité de matière organique dans le sol reste plus ou moins constante, par exemple, sous une végétation à grande stabilité comme la forêt, le complexe sorbant doit conserver à peu près sa même constitution, son équilibre interne. Cet équilibre peut être rompu par une diminution ou une augmentation de l'apport de matières organiques, par une destruction intensifiée ou ralentie.

Quand la quantité de matière organique dans le sol va en augmentant, le fer est plutôt présent à l'état de molécules complexes, sa forme la plus favorable (ou moins défavorable) dans le complexe adsorbant. Quand la matière organique est en régression, il doit se libérer du $Fe(OH)_3$ colloïdal, et le complexe adsorbant doit se modifier dans un sens défavorable : l'adsorption pour les bases est atténuée, celle pour les anions est accentuée.

Dans le cas de la mise en culture de sols sous jachère, ce dernier point mérite une attention particulière. Un des effets de la jachère est un enrichissement considérable en matière organique et donc une mobilisation accentuée du fer du sol. Lors de la mise en culture, ces sols voient parfois diminuer rapidement leur rendement et une des causes peut être trouvée dans le paragraphe précédent : modification du complexe sorbant, suite au fer libéré. Un remède à envisager serait de maintenir le pH du sol à un niveau moins acide pendant la durée de la jachère et pendant la culture, par chaulage et épandage d'engrais.

Ceci, en effet, diminuera fortement la quantité de fer dans le complexe sorbant.

Ces considérations nous permettent de souligner la grande importance des composés du fer dans le sol, pour la mise en valeur d'engrais chimiques appliqués. Dans un sol à réaction acide et où la teneur en matière organique va en s'appauvrissant, comme c'est le cas après la mise en culture d'un sol de forêt, la rétention de bases doit être faible et la sorption d'anions très forte, parfois même peu réversible dans les conditions du milieu.

On ne pourra donc perdre de vue l'alimentation du sol en matières organiques, son conditionnement pour favoriser la formation des composés organiques essentiels au complexe sorbant, et le rehaussement du pH, afin de placer ce complexe dans les conditions optimales pour remplir son rôle régulateur.

BIBLIOGRAPHIE

1 ALLISON, L E. et SCARSETH, G D
A biological reduction method for removing free iron oxides from soils and colloid clays.
J. Am Soc. Agron. 34, 616-623

2 ASKEW, H O et STANTON, D. J
Local preparation of serpentine superphosphate
N Z J. Sci Techn. 24, 1942, 79B-35B (abstr Soil and Fertil.)

3 ASKEW, H C
The course of reactions occuring between serpentine and superphosphate
N. Z. J. Sci Techn 24, 1942, 128B-134B (abstr Soil and Fertil)

4 BASTISSE, E. M
Recherches sur les conditions théoriques et pratiques permettant le maintien et l'assimilabilité de l'acide phosphorique dans les terres latéritiques.
An. Agron. 16, 1947 (463-475)

5 BRADBURY, F. R et EDWARDS, E. G.
A new method for the volumetric determination of ferric iron
Jour. Soc. Chem. Indus. 59, 1940 (5) (96-98).

6 BORENSTEIN, S I.
The use of blast furnace slag in soil amelioration.
Sborn. Pam. W. R. Killiams. 1942 (489-493) abstr. Soil and Fertil)

7 BURK, D, LINEWEAVER, H. et HORNER, C. K.
Iron in relation to the stimulation of growth by humic acid
Soil Sc. 33. 1932 (413-451).

8 CHAMINADE, R., SEGALEN, P. et VISTELLE, R
Influence de l'humus sur l'évolution de l'acide phosphorique dans un sol latéritique
Ann. Agron. 7, 1947 (530-535)

9 CHAMINADE, R.
Sur une méthode de dosage de l'humus dans les sols
Ann Agron 16, 1946 (118-132)

10. CHAUDRON, G
Traite de chimie minerale
Edite sous la direction de Paul Pascal Tome IX
Masson et Cie, Paris, 1933

11 COLEMAN, R
The mechanism of phosphate fixation by monmorillonitic and kaolinitic clays
Proc *Soil Sc Soc Amer.* (1944), 9, 1945 72-78

12. COLEMAN, R
Phosphorus fixation by the coarse and fine clay fraction of Kaolinitic and Montmorillonitic clays
Soil Sc 58, 1944, 71-78

13. COLEMAN, R
The absorption of phosphate by Kaolinitic and Montmorillonitic clays.
Proc. *Soil Sc. Soc. Amer* (1942), 7 1943 (134-138)

14 DEMOLON, A et BASTISSE, E. M.
Le rôle vecteur de la silice dans les phénomènes géo-chimiques et physiologiques : application au traitement de la chlorose ferrique.
Ann. Agron. 14, 1944 (365-296).

15 DEMOLON, A. et BASTISSE, E. M
Observations sur la géochimie du fer, application au traitement de la chlorose.
C. R. Acad. Agric. 30, 1944 (501-503).

16 D'HOORE, J. et FRIPIAT, J
Sur quelques phénomènes de dispersion des colloïdes dans les sols du Congo.
Compte rendu de la *Semaine Agricole de Yangambi,* 1947.
INEAC, rue aux Laines, 12, Bruxelles.

17 DICKMAN, S. R. et BRAY, R. H.
Replacement of absorbed phosphate from kaolinite by fluorides
Soil Sc. 52, 1941, 263-273.

18 DION, H. G.
Iron oxide removal from clays and its influence on base exchange properties and X ray diffraction patterns of the clays.
Soil Sc. 58, 1944, 411-424.

19 DOELTER, C.
Colloid chemistry III.
Edited by J. Alexander.
The chemical catalog Cy Inc. New-York. 1931

20 GHANI, M. O.
The use of 8-hydroxychinoline as a means of blocking active iron and aluminium in the determination of available phosphoric acid of soils by dilute acid extraction.
Ind. J. Agric. Sc. 13, 1943 (562-565).

21 Iodine facts N° 311-316.
The iodine content of soils. Factors determining the level of soil iodine
The iodine educational bureau. London.

22 JEFFRICS, C. D.
A method of preparing soils for petrographic analysis.
Soil Sc. 52, 1941 (451-455).

23 KELLEY, W. P.
Mattson's papers on the laws of soil colloidal behaviour
Review and comment.
Soil Sc 56, 1943 (443-457).

24 KELLY, J. B. et MIDGLEY, A. R.
Phosphate fixation, an exchange of phosphate and OH in Soils
Soil Sc. 55, 1943 (167-176).

25. KUNIN, R. (1942).
Determination of iron in soils and silicates by the mercurous nitrate method.
Soil Sc. 53, 1942 (211-214).

26. KUNIN, R. (1943).
Micro determination of iron b the mercurous nitrate method.
Soil Sc. 55, 1943, 457.

27. LA JOIE, P. J. et DELONG, W. A.
The acid oxalate extracts of Podsol and Podsolic soils.
Sc. Agric. 25, 1945 (215-220), Abstr. Soil and Fertil.

28. LUTZ, J. F.
The relation of free iron in the soil to aggregation.
Proc. Soil Sc. Soc. Amer. (1936), 1 (43-45).

29. MILNE, G.
A journey to parts of the West. Indies and the United States for the study of soils.
East African Agricultural Research Station. Amani-Tanganyika Territory. Febr.-Aug. 1938.

30. PERKINS, A. T. et KING, H. H.
Phosphate fixation by soil minerals.
Soil Sc. 58, 1944 (243-250).

31. AMAR. NATH PURI, BALWANT RAI et R. P. VERMA.
Physico-chemical properties of ferro-alumino-silicates as allied to soils
Soil Sc. 58, 1944 (209-224).

32. RAYCHUDHURI, S. P. et HASAN, K. A.
On the nature of alumino silicate and iron silicate precipitates formed by the mutual coagulation of silicic acid and alumino and iron hydroxyde soils.
J. Phys. Chem. 49 (453-461).

33 RIPPEL, A.
Metal catalysis and the production of humus-like substances.
Foresch. dienst. Sonderh. 17, 1941 (54-58) Abstr. Soil and Fertil

34. ROGERS, A. F. et KERR, P. F.
Optical mineralogy.
Mc. Graw Hill Book Company. Inc 1942 New-York-London.

35 SCHOLLENBERGER, C. J.
Arsenate deplaceable phosphate in long fertilised and unfertilised plot soils.
Soil Sc. 64, 1947 (371-378).

36. SCHMIDT, C. L. A.
The chemistry of the amino acids and proteins With addendum 1945
Charles C. Thomas. Publ. Springfield, Illinois

37 SIMON, K.
Uber die Herstellung von Humus extrakten mit neutralen mitteln
Ztschr. *Pflanzenernahrung, Dungung und Bodemkunde*, 14, 252-257, 1929

38 SIMON, K.
Uber die Vermeidung alkalischer Wirkung bei der Darstellung und Reinigung von Huminsaure.
Ztschr. *Pflanzenernahrung, Dungung und Bodemkunde*, 18, 323-336

39 SIMON, K.
Die characteristischen Humus stoffen, ihre Beurteilung und ihre Bedentung in Stalldunger
Bodemkunde- und Pflanzenernahrung, 46 (257-301)

40 TARANOWSKAYA, V. G.
The effectiveness of lime and silicate application on red loam.
Khim. Sotsial. Zemled. 4, 1941 (37-42) (abstr. Soil and Fertil)

41 THORNE, D. W. et WALLACE, A.
Some factors affecting chlorosis on High lime soils
I Ferrous and Ferric iron.
Soil Sci. 57, 1945 (299-312).

42. TRUOG, E. et Al.
Procedure for special type of mechanical and mineralogical soil analysis
Proc. Soil Sc. Amer. 1936, 1 (101-112).

43. TYULIN, A. Th.
Soil organo-mineral gels.
Soil Sc. 45, 1938 (343-357)

44 WALDON, T. A. et HIDE, J. C.
Some chemical properties of soil organic matter and of sesquioxydes associated with aggregation in soils
Soils Sc. 54, 1942 (343-352).

45 WALLACE, T. et HEWITT, E. J.
Studies in iron deficiency in crops.
J. Pomol. 22, 1946 (153-161) (abstr. Soils and Fertil)

46. WIKLANDER, L. et FREDRIKSSON, L.
Studièn über die Sorption von Na arsenat and Na arsenit durch Boden und synthetische Eiser und Aluminium oxyde.
Acta. Agric. Suecana, 1, 1946 (345-376) (Abstr. Soils and Fertil.).

Soil Survey and Pedological Studies in Relation to Soil Conservation in South Africa

by

J. VAN GARDEREN M.Sc., A.R.I.C.,
Division of Chemical Services,
Department of Agriculture, Union of South Africa.

It is nearly a quarter of a century ago that the Soil Survey Section of the Division of Chemical Services of the Union Department of Agriculture started to function. Studies of soil profiles for classification purposes were initiated round about 1930 and although it has not yet been possible to undertake a systematic general soil survey of the Union of South Africa, a pedological classification of its soil groups and sub-groups was made in 1940 by van der Merwe (1), one of the first and keenest workers in this field in South Africa.

SOIL SURVEY.

Irrigation Projects.

The Soil Survey Section referred to maintains the equivalent of three parties in the field for periods up to eight and nine months of the year. These parties normally consist of two soil technologists, a surveyor and field laboratory assistant together with some fifteen labourers. They are accommodated under canvas and are supplied with motor transport and such equipment and amenities as will render the open-air life over such extended periods of time reasonably comfortable. Up to 2000 holes to a depth of eight feet where possible and spaced on the average not more than 1000 feet apart are required to cover an area of approximately 40,000 acres.

These test pits are carefully examined and described. Such factors as soil type and depth, interfering layers, the occurrence and concentration of alkali or « brak », etc., are closely studied as factors which limit or which potentially inhibit the ultimate success of the project. Soil samples collected from these test pits, and which number up to 15,000 and more in the course of a season, are tested in the field laboratory for pH by the quinhydrone method, for brak content by ohmmeter test and free carbonate by effervescence with 10 % hydrochloric acid. Type samples from holes representative of the various

soil types encountered during the season are collected for permanent record and future laboratory study in Pretoria. Monolith sections of complete profiles on four inch wide canvas strips secured to 3-ply wood provide permanent museum record of the natural features of these soil types.

During the off-season all field data are digested and transcribed in symbol and schedule form for ultimate presentation on maps. Four separate sets of maps are constructed namely profile, pH, brak and irrigability. Different colours on the first indicate the distribution of the various soil types and a system of symbols reflects the principal characteristics of the different soil horizons for each test pit. Numerical values ranging from one to six are assigned to each test pit based on the physical features of the profile and indicating relative suitability for development under irrigation. Similarly the pH and brak-maps, reflect essential features and variations in soil réaction and water-soluble salt content respectively of the successive soil horizons or foot layers within the profile. By superimposing the pH- and brak-maps, normally closely related, on to the profile map a final or irrigability map is constructed.

In addition to the profile grading referred to above each test pit is assigned a brak grading based primarily on the average soluble salt content of the profile. In assessing this brak grading pH values as well as the general texture of the profile are taken into consideration. The combination of these two gradings give the final irrigable value of the profile. So, for example, a moderately heavy profile of favourable structure, assigned a profile grading of 2 but a brak grading of 3 due to high soluble salt content is finally classified as Grade 4 irrigable soil. In the range of six grades of irrigability such localities may then have to be considered as « doubtful » from an irrigation point of view. An area with a profile value of 5 is considered non-irrigable but where a soil with a profile value of 3 has for example been degraded to an ultimate 5 such an area may still be recommended for development provided other essential features such as internal drainage, abundance of water, etc. are favourable. Such a set of final maps is accompanied by a written report in which all matters relative to the soil and its potentialities under irrigation are dealt with. Climate, irrigation practice, water supply, crops, possible fertilizer requirements, transport and markets as well as any aspects peculiar to each and every projected scheme are considered.

Depending on circumstances irrigation and multi-purpose development projects are undertaken by the Government and particularly those projects too large for private enterprise. It has also become Government policy to undertake soil surveys prior to embarking on any of its proposed irrigation projects. Of consequence this service often materially alters the ultimate scale on which the project is developed even to the point of turning it down altogether. When

accepted, finally planned and authorised the irrigation works are normally constructed and maintained by the Irrigation Department.

Considering the above in its wide field of application it is clear that both soil technologist and irrigation engineer are primarily responsible for the most efficient use and conservation of both soil and water where large scale irrigation is contemplated.

Miscellaneous Services.

The sphere of activity of the soil technologist is, however, not limited to the above but extends very much further afield. His services are necessarily retained on developed irrigation schemes when drainage, reclamation and other soil problems arise. Land under irrigation is much too valuable an asset to allow to be written off against such contingencies and here the soil chemist often gets ample opportunity of exercising his ingenuity and contributing towards conservation of the soil and its productive capacity which after all is the source of livelihood of so many. Costly drains to relieve waterlogged areas have been made in the past based on superficial observations only to be filled in again to cover up the sin of designing them. Detailed profile studies are usually essential for the planning of efficient and ultimately less costly drainage systems for checking brack encroachment and controlling water table often effecting complete and permanent reclamation of the land.

After intensive training in judging profiles the soil technologist can venture out on the more specialised services such as are required by agro-economic surveys, rehabilitation schemes, regional planning, etc. In teamwork with agricultural economists and ecologists typical agricultural areas are demarcated, their soil types, geographical boundaries and other permanent physical factors determined as a basis for the study of their respective agro-economic structures. In rehabilitation schemes the success of reclamation of badly eroded areas as well as the effectiveness of conservation methods advocated very often depends as much on appreciated soil characteristics as on any other factor. Soil aspects are studied in the regional planning of areas intended for intensive industrial development to obviate the irreparable mistakes of the past due to unscientific and haphazard allocation of land for light and heavy industries, for parks and recreation centres, afforestation, townships and small-holdings essential for the production of fresh vegetables and for protective foods. Soil studies in connection with both regional planning and rehabilitation schemes reflect the nearest approach to the land-use capability classification of the American Soil Conservation Service as described by Bennett (2).

Intensive soil survey activities and trips to and from the various irrigation projects in the country gave the first opportunities for studying the country's soil for subsequent pedological classification. Branching out into the other specialised services gave further facilities

for closer study of soil groups and subgroups, intrazonal types, the soil boundaries, etc. Routine mechanical and chemical analyses of hundreds of samples collected in profile studies are undertaken in the Pretoria laboratories of the Division of Chemical Services.

PEDOLOGICAL STUDIES.

From a pedological point of view geological formations and climatic conditions as the most important soil genetic factors jointly contribute to the rather colourful maps which are obtained when soil groups and sub-groups are represented in a classification study. The complex geology of South Africa results in a rather heterogeneous distribution of parent material and physiographic features markedly influenced by climatic conditions. Although some soil groups have certain features in common with the more universally known Russian and American types there is really no close parallel to either. Even here the adage applies : ex africa semper aliquod novi.

Two coastal plateaux up to 2000 feet above sea level cover relatively small areas as compared with the next two, one of which rises to 4000 feet incorporating the Great Karroo, and the other or Central Plateau, with elevations up to 6000 feet. These plateaux are separated from each other by high mountain barriers, notably, the Hex river, Drakensberg, and Lebombo ranges which considerably affect the inland rainfall. Precipitation is relatively high in belts closely associated with these ranges.

The Western Province south of the Hex River has a winter rainfall which merges towards the east into a small coastal strip with rainfall well distributed throughout the year. Over 80 per cent of the Union receives its rain during the summer with a most erratic distribution. Only 10 per cent of the Union enjoys an average rainfall of more than 30 inches per annum and 45 per cent gets less than 15 inches. Rainfall decreases considerably immediately north of the Hex River range and west of the Drakensberg from where it gradually declines in a north-westerly direction, at the same time becoming even more erratic. Evaporation from free water surface varies from some 50 inches per annum in the high precipitation areas to well over a 100 inches in arid north-western areas.

Average temperatures on the Karroo and Central Plateaux vary within a rather limited range. Rising temperatures associated with decreased latitude (from 35 degrees in the south) are offset by the higher altitudes of the two plateaux. Hot and almost tropical climates are associated with the Natal coastal strip and with the so-called Lowveld i.e. a relatively small area along the northern and north-eastern boundary of the Union.

Climate, and particularly rainfall, is a dominating factor in soil formation. The deep soils of the high rainfall-high temperature Mist-

belt in the eastern and north-eastern areas are chemically and morphologically similar whether the parent material is basic or acid igneous or even sedimentary. Where, however, intrusions of basic igneous rock occur in sedimentary deposits local soils are more characteristic of the intrusive parent material than of the normal climatogenic soil group. These localised areas are examples of parent material predominance over climate as genetic factor Occurring in relatively small areas only, they are considered intrazonal types in classification studies.

It would be rather over-ambitious to attempt anything more than a cursory review of the main soil groups as already classified. Without detailing the relatively small and less important types, certain subgroups and intrazonal soils of the 472,000 square miles south of latitude 22° exclusive of Mocambique territory may be classified into the following six main groups :—

(1) South Western and Southern Cape Province area
(2) Lowveld Soils
(3) Kalahari and Desert Soils
(4) Solonetzic Zone
(5) Podsolic Soils
(6) Lateritic Soils
(7) Ferruginous Lateritic Soils.

(1) South Western and Southern Cape Province area :

The high mountain ranges separating this area from the Desert Soils of the Karroo intercept the moisture-laden winds from the south and return the precipitation via numerous rivers and streams to the sea The winter rainfall averaging about 20 inches per annum in the north western area increases considerably in the very mountainous central area thereafter dropping to some 30 inches in the eastern area where it is distributed throughout the year.

The soils of the central area are largely derived from Table Mountain Sandstone. High rainfall and steep slopes result in limited accumulations of poorly developed shallow soils and these are usually mixed with stone fragments on the less steep foothills. Normally a brown surface soil, well supplied with humus, rests on sandy loam and decomposing sandstone within two feet of the surface. Even the broad valley soils of the north-western area developed from shales and mudstones are shallow and characteristically mixed with grit, gravel and some iron concretions. The subsoil here is more heavily textured so that dense, compact and even plastic clays are encountered immediately above parent shale which seldom lies more than three feet deep. Poor field husbandry in large scale wheat production has been responsible for the extensive erosion and specific conservation methods are called for in no uncertain terms.

(2) Lowveld Soils :

These soils are found in a relatively narrow strip along the north-eastern and northern boundary of the Union. Hemmed in by high mountain ranges this area registers the highest average temperatures in the Union. The average summer rainfall of 20 inches is subject to tremendous fluctuation and the average elevation above sea level is less than 2000 feet.

The residual greyish brown soils derived from Old Granite are poorly developed in this relatively dry tropical climate. Averaging only two feet in depth the profile shows no horizon differentiation with no accumulations of iron oxides or even lime concretions. The surface soils are slightly acid and humus deficient due to rapid mineralisation of organic material. On these unleached soils the veld is sweet and since the area is climatically unsuitable for crop production land use is practically limited to cattle farming.

Before passing to the next soil group it may also be mentioned that the Kruger National Game Reserve is situated in this soil group

(3) Kalahari and Desert Soils :

This vast area of the sub-continent lies west of a line approximately joining Port Elizabeth, Mafeking and Messina, incorporating the whole of the Karroo, South West Africa and Bechuanaland. From where it is bounded on the south by soil group (1) this group is stepped up in two plateaux to a maximum elevation of 4000 feet From the east the rainfall decreases from 15 inches per annum to 2 inches along the Atlantic coast. Relatively heavy showers on large catchments of Desert Soils cause considerably gully erosion particularly after prolonged droughts. Winters are dry and severely cold.

The predominating soil-forming factor of the Desert Soils incorporating the so-called Karroo and the major portion of South West Africa is rather physical than chemical. Rainfall hardly enters into the picture. Temperature fluctuations cause fragmentation of the geological formations resulting in the surface being almost entirely covered with stone or desert pavement which protects the shallow soil underneath from wind erosion.

The surface soil is humus deficient on account of very poor vegetal growth and limited to a few inches of light reddish brown sandy loam resting on slightly heavier textured and often cemented material. The B_2 horizon is normally well supplied with calcium carbonate in concretionary or even hardpan form originating most probably from underlying parent rock material.

The deep sands of the *Kalahari* lying between South West Africa and the Transvaal is fairly well covered with trees, shrubs and grass. The red colour of the surface sand is ascribed to a thin film of iron oxide. Except for the red colour which changes to a yellowish brown

there is very little to distinguish surface sand from that which may be collected from horizons 100 feet deep and more.

Between the Kalahari and the Karroo area extensive areas occur where limestone is either exposed or covered by a thin layer of aeolian sand. This limestone has its origin in underlying rock formations rich in lime.

(4) **Solonetzic zone :**

This zone forms a transition type between the semi-arid Karroo and Kalahari Sand on Limestone on its west and north-west boundaries and the more humid podsolic regions bounding it on the east. Height above sea level varies from 4000 to 5000 feet and average summer rainfall just exceeds 20 inches per annum.

The A-horizon in the soil profile consists of a greyish fairly dense sandy loam which breaks up easily into lumps and fine material. The high fine sand content of 48 % in this horizon is probably largely windborne from the semi-arid desert regions to the west of this soil zone. This layer is acid in reaction and leached of soluble salts. The B-horizon which is clearly distinguished from the A-horizon, consists of a dark brown columnar clay showing infiltrated colloidal material between cracks to which root development is confined. The reaction in this horizon becomes alkaline and together with the B_2-horizon shows accumulation of soluble salts with frequent occurrence of lime concretions before the shale or sandstone parent material is encountered. Under localised conditions soluble salt accumulations may even build up to the surface simulating typical solonchak.

Along the western edge of the northern extremity of this soil zone an overlay of aeolian sand, probably of Kalahari origin, extends to a depth of four feet and more before a columnar clay horizon is encountered. It is surmised that this soil is very closely related to the solonetzic group. On fair slopes intermittant water-logging during the rainy season is confined to a narrow belt immediately above the impervious horizon as evidenced by a layer of hard iron concretions. Where the topography is relatively flat there is appreciable fluctuation of the water table and hence a much wider spread of iron concretions in the subsoil.

Severe blowing of the surface soil of this group invariably follows on poor field husbandry. Rest periods and cover crops are of prime importance as conservation methods in the north-eastern Orange Free State whereas judicious stocking rates and grazing systems are resorted to in the southern portions which are more suited to mutton production.

(5) **Podsolic Soils :**

Classified as podsolic this soil group about 150 miles wide lies east of the solonetzic zone, includes a small portion of the Transvaal, prac-

tically encircles the whole of Basutoland territory and extends south as far as the Indian Ocean with an extension along the Natal Coast.

The soils of the non-coastal block, also referred to as the High Veld Prairie Soils, are primarily derived from sedimentary rock and lie over 5000 feet above sea level. With an average rainfall of 27 inches occasional droughts are never severe.

Mature deep soils with well developed horizons cover extensive areas. The dark greyish brown friable sandy loam of the surface or A_1-horizon containing a few scattered iron concretions is usually well bound in an abundance of grass roots. The A_2-horizon, also about eight inches deep is lighter in colour (bleached) but heavier in texture and normally contains a fair amount of coarse iron oxide concretions. The ten inches yellowish grey mottled brown B_1-horizon is a dense to granular gravelly clay mottled brown with an abundance of iron oxide concretions. This passes into the B_2-horizon which is a compact cloddy clay with columnar structure and infiltrated colloidal material between fissures down to a depth of five feet and more. A light grey or yellowish dense clay about twelve inches thick constitutes the C-horizon which rests on the decomposing sandstone. Normal soils in this group are well leached of soluble salts, contain no calcium carbonate and have a decided acid reaction with pH value approximately 5.2 in the surface soils which increases to not more than 7.5 in the lower horizons.

The coastal soils in this group are morphologically very similar to the prarie soils but relatively higher rainfall of up to 50 inches per annum coupled with irregular and steep undulating topography have localised differential effects in the B-horizon. It would appear that under such physical conditions there is considerable lateral transportation of colloidal material with the result that the layer of iron concretions is sometimes barely distinguishable whereas under relatively more favourable circumstances it « consists of brownish black, shining, small buckshot ferruginous concretions (pea ore), uncemented, well packed, with little other material mixed with them » (1, p. 167).

In this agriculturally more productive soil group a great variety of farming is undertaken. According to soil and climatic conditions maize, wheat, potato, fodder, fruit and vegetable production as well as sheep, cattle and dairy farming is successfully established. Where for example maize and wheat have flogged the soil in the eastern Free State areas severe erosion has been Nature's response necessitating costly reclamation. Overstocking as well as poor field husbandry in the more southern and coastal areas have caused extensive erosion but, given only reasonable opportunities, these soils show most remarkable recoveries.

(6) **Lateritic Soils :**

These soils lie in a relatively narrow strip just east of the Drakensberg in what is generally known as the « Mistbelt ». Averaging

50 inches per annum this area has the highest rainfall in South Africa and most of this falls as heavy mist or in gentle showers as implied by the name. Temperatures are high but in this humid climate evaporation rarely exceeds precipitation,

Under these climatic conditions and with good surface and internal drainage, parent material of most diverse geological formations is readily disintegrated and the resulting soil totally leached of all soluble material. Under a good cover of grass the surface brown to reddish brown clay is fairly well supplied with organic material. The red colour predominates in the subsoil which extends to considerable depth. These soils contain up to 70 % of clay which, however, has a good crumbly or granular structure in the virgin soil. The aggregates are not very stable on cultivation and an impervious plough sole is easily developed. With low base exchange capacities and leached of even silica, profiles are acid throughout particularly in the southern areas described as Lateritic Yellow Earths where pH figures range from 4.5 to 5.5.

Van der Merwe's classification of these soils as Laterites, Lateritic Red Earths and Lateritic Yellow Earths is based on confirmatory chemical analytical criteria particularly molecular silica : alumina ratios in the clay fractions according to standards by Martin and Doyne (1, p. 192). Analytical data indicate relatively greater transportation of alumina in the Yellow Earths and Munsell Spinning Discs show a significantly greater proportion of the yellow factor in these profiles than in those of the Laterites or Lateritic Red Earths.

Notwithstanding the natural favourable crumb structure of the virgin soil, cultivation under agricultural development must be kept to a bare minimum as the destructive climatic agencies readily destroy the organic content thus reducing the surface soil to powder and dust. At times the effects of erosion make a most depressing sight at Durban when the Umgeni River discharges its red coloured silt and clay laden floodwaters into the Indian Ocean.

Successive applications of agricultural lime to correct acidity and liberal use of preferably ground rock phosphate to counteract reversion of available phosphate in these alumina-ferruginous soils are first steps towards getting such soils under cover in conservation programmes.

(7) Ferruginous Lateritic Soils :

This group is embraced by the Kalahari Desert Soils on the west, the Solonetzic and Podsolic soils on the south and the Laterites on the east. Most of the Transvaal province falls in this group. The average rainfall of 25 inches during the summer months varies from 15 inches in the west to some 35 inches in the east. Derived from different geological formations, though mostly sedimentary, and associated with diverse topographic features the poorly developed soils are rather heterogeneous in many respects.

The shallow sandy surface soils absorb moisture readily but retention is poor. This coarse sandy friable soil is moderately acid, well leached of soluble constituents and poorly supplied with organic matter, calcium and phosphate. Normally this A-horizon is followed by a greyish brown sandy loam mixed with gritty or gravelly material and some iron oxide concretions in the lower sections. The clay fraction increases with depth. In the B_2 and B_3 horizons iron concretions predominate in various stages of hardness, compactness and even cementation. Plasticity of the deflocculated clay also increases with depth down to decomposing rock or free water table. Red, yellow, brown and black are freely used in colour descriptions of the B and C horizons. Climatic conditions are such that the development of these scattered iron concretions or layers of them, loose or cemented and popularly known as ouklip, ferruginous hardpans, ironstone, etc., is probably as explained by Pendleton in his descriptive definitions of laterite, laterite soil and lateritic soil (3).

A rather significant intrazonal type which is very much more productive and known as Black Turf, a heavy clay soil, also occurs in this area. Maize, sunflower and groundnuts under dry land conditions and tobacco and winter cereals under irrigation are produced extensively.

The central and northern typical Savannah region is used mainly for cattle farming, whereas maize, sorghums and fodder crops are mainly produced in the western areas of this soil group. Being characteristically poorly supplied with natural plant nutrients these soils call for regular supplies of fertilizer to maintain profitable production. Controlled grazing and non-exploitation cropping systems are basic to conservation farming in these areas.

DISCUSSION.

As a pedological type the Podsolic Soils have their distinctive characteristics but whether the descriptive adjective « podsolic » should be applied is still doubtful. In as much as the more pronounced dark coloured soil and accumulation of organic matter within the profile associated with the prairie soils of the United States of America developed under similar temperate climatic conditions is absent in these soils, they cannot be considered true podsols. Van der Merwe himself states that « for the time being, these soils are classified as gley-like podsolic soils. »

It would seem as if the steadily increasing rainfall from west to east is primarily responsible for the gradual but progressive change-over from desert shallow soils to the deeper, better developed and more mature soils of the east. The soils of the solonetzic zone immediately west of the podsolic soils also have shale and sandstone as parent material contributing to the formation of A- and B-horizons but the lower rainfall does not effectively remove soluble salts from

the B-horizon as witnessed by accumulation of calcium carbonate, higher pH and lower electrical resistance figures for the subsoil horizons. Lixiviation of iron and its accumulation in the illuvial B-horizon in the podsolic group presupposes a zone of water table fluctuation even if only intermittent. It is by no means over-taxing the imagination that, with a higher summer rainfall in the solonetzic zone, iron oxide concretions would also obtain in its B-horizon and a similar podsolic soil would have developed instead of the solonetzic one.

Pursuing this line of thought one could also expect that with still higher rainfall (incidentally associated with higher temperatures and more effective drainage) even deeper soils with complete disintegration and decomposition of parent material as well as total removal of soluble ingredients would result. This is exactly what has taken place in the adjoining soil group east and north-east of the High Veld Prairie and classified as lateritic. Whether the use of this term in describing these deep « red and yellow earths » is justified remains questionable particularly if the definition of *laterite* by Buchanan and Oldham and referred to by Pendleton (3, pp. 433-434) be universally accepted. In terms of this definition it is, however, correctly used in describing the Ferruginous Lateritic soil group. The vescicular form of laterite is hardly known in South Africa but in 1932 Williams (4) mentioned « beds of pisolitic ironstone, sometimes in the form of fairly loose gravel or rubble but usually consolidated to form an ironstone pan about one foot in thickness... » Quarriable laterite occurs in rather limited localities and has rarely been used in construction work, other better known building material being normally available.

Summing up it appears that climate, and more particularly rainfall than temperature, has been the most effective agent in the genesis of South African soils. It is also climate more than anything else which dictates the optimum agricultural practice and possible land use intensification on the various soil groups and sub-groups. Viewed in this perspective it should be clear that conservation of both soil and water will and can only be most effective when studied and applied in terms of specific pedological characteristics. It is in his study of the soil and its genesis that the soil surveyor and pedologist can contribute a basic and scientific directive to his engineering, agricultural and many other colleagues in their more direct efforts towards stimulating and maintaining the productive capacity of all natural agricultural resources based on conservation of the soil.

BIBLIOGRAPHY.

1. van der Merwe, C. R. — 1940. *Soil Groups and Sub-groups of South Africa* Sc. Bull. 231, Dept. of Agr., Union of South Africa.
2. Bennett, H. H. — 1947. *Elements of Soil Conservation.*
3. Pendleton, R. L. and Sharasuvana, S. — 1946. *Analyses of some Siamese Laterites.* Soil. Sc. 62 : 423-440.
4. Williams, C. O. — 1932. *Soil Fertility Problems in Natal.* Sc. Bull. 110. Dept. of Agr., Union of South Africa.

L'exécution de la Carte forestière de la province de Fianarantsoa

par

V. DOMMERGUES.
Inspecteur des Eaux et Forêts (Madagascar)

PLAN.

ANNEXES.

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION.

En attendant le lever régulier des formations forestières avec l'aide de l'avion, le Service Forestier de la Province de Fianarantsoa a entrepris, à partir de l'année 1945, l'établissement d'une carte forestière provisoire.

Ce rapport a pour but d'exposer la méthode employée pour fixer rapidement et d'*une façon suffisamment précise sur le terrain* les limites des territoires dits Domaines Forestiers, auxquels il importe d'appliquer un régime exceptionnel de protection (ces territoires ont reçu en Afrique Française le nom de Domaine classé).

L'établissement de la carte forestière comprend trois phases distinctes :

1. La préparation des cartons de reconnaissance,
2. La reconnaissance sur le terrain;
3. La mise au net de la carte au 1/100.000^{e}.

§ 1 — **La préparation des cartons de reconnaissance.**

Ce travail consiste à découper les régions à reconnaître en un certain nombre de territoires qu'on représente sur un carton à l'échelle de 1/50.000^{e}.

§ 2. — **La reconnaissance sur le terrain a pour but :**

a) de repérer sur ces cartons au 1/50.000^{e} les limites des différentes formations forestières;

b) d'étudier les enclaves (villages, concessions) et les droits d'usage,

c) d'étudier sommairement les différentes formations forestières

La reconnaissance topographique proprement dite est facilitée dans le Sud de la Grande Ile par le fait que le Service des Mines a établi une carte au 1/200.000^{e} précise et mise à jour récemment (1945).

La reconnaissance des enclaves et l'étude des droits d'usage sont faites en même temps que la reconnaissance topographique.

Ces renseignements sont, en effet, indispensables pour la demande d'affectation et d'immatriculation et pour la création des Périmètres de culture au voisinage des villages réguliers.

Enfin, l'*étude sommaire des formations forestières* est menée parallèlement et permettra de rassembler une documentation d'un grand intérêt concernant la composition de ces formations.

§ 3 — **Mise au net de la carte au 1/100.000^{e} au bureau.**

Le dessin de la carte est exécuté par un dessinateur en prenant pour base les documents établis par les Agents chargés de la reconnaissance sur le terrain (carton au 1/50.000^{e} reconnu).

L'échelle du 1/100.000^{e} a été choisie en raison de la facilité de lecture de la carte.

CHAPITRE II.

PREPARATION DES CARTONS DE RECONNAISSANCE.

1. La carte des Mines établie à l'échelle du 1/200.000^{e} est divisée en territoires qui, une fois agrandis à l'échelle du 1/50.000^{e}, peuvent êtres dessinés sur une feuille de papier ayant au maximum un

format de 50 cm. × 50 cm. Il faut autant que possible se rapprocher du format 25 cm. × 30 cm. plus maniable sur le terrain.

Les limites des territoires ainsi définis sont de préférence des sentiers, chemins, cours d'eau. Ces territoires sont numérotés.

L'anexe I représente la carte des Mines divisée en territoires.

2. Chacun de ces territoires est agrandi sur un papier à dessin fort à l'échelle du 1/50.000e (rapport 1 à 4) à l'aide d'un pantographe.

On obtient ainsi un plan au 1/50.000e au crayon que l'on repasse à l'encre de Chine noire. Le plan est quadrillé pour faciliter l'estimation des distances.

Il est préférable d'établir ces plans en double, l'un servant de brouillon sur le terrain, l'autre étant mis au propre à l'étape

L'annexe II représente un carton de reconnaissance au 1/50.000e

CHAPITRE III

RECONNAISSANCE SUR LE TERRAIN.

Les Agents chargés de la reconnaissance sont de préférence au nombre de quatre : soit deux équipes de deux.

Il n'est pas toujours possible de faire travailler dans la même région plus de deux équipes à la fois, car le recrutement d'un grand nombre de porteurs et leur ravitaillement dans une région peu peuplée ou sans eau sont difficiles.

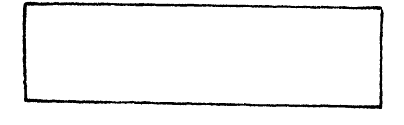
Chaque équipe parcourt entièrement le territoire qu'elle doit reconnaître.

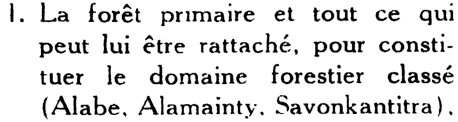
Le travail consiste à faire la reconnaissance de chaque territoire en exécutant ce qui suit :

a) Complétage et correction du Plan au 1/50.000e. Ce travail consiste :
   — à compléter le plan en y portant avec leurs noms les chemins, cours d'eau, villages, sommets qui n'y sont pas figurés;
   — à supprimer sur le plan les chemins, cours d'eau, villages qui y sont portés mais qui n'existent pas ou n'existent plus.

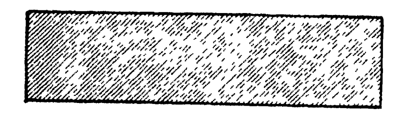
b) Repérage par rapport aux détails du plan complété et corrigé des différentes formations forestières conformément aux conversions fixées d'avance. Aucun instrument topographique n'est nécessaire pour ce travail, car les détails figurant au plan constituent un réseau suffisamment dense.

Ainsi dans la province de Fianarantsoa on a pu distinguer les trois types de végétation suivants :

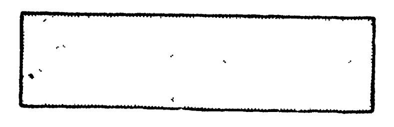




1. La forêt primaire et tout ce qui peut lui être rattaché, pour constituer le domaine forestier classé (Alabe, Alamainty, Savonkantitra).



2. La forêt secondaire englobant les Savoka de faible valeur : Sh (Savoka à harongana), Sd (Savoka à dingadingana), Sr (Savoka à ravenala), Sb (Savoka à bambous), Sv. Savoka à vantilana), etc



3 Prairies.

Les formations forestières de moins de 50 hectares ne sont pas portées sur le carton, sauf s'il s'agit d'essences ayant un intérêt au point de vue économique (bois d'ébénisterie, raphia, etc)

c) Etude sommaire des formations reconnues. Tous les sentiers, même peu importants, traversant les formations forestières sont parcourus, ce qui permet aux agents en reconnaissance, de faire des sondages dans les différentes formations forestières. Le lieu de sondage est porté sur le carton de reconnaissance.

A ce sondage correspond une fiche de comptage portant le numéro du territoire où a été exécuté le sondage

Dans chaque massif forestier on effectue quatre sondages de 50 × 50 m.

Chaque arbre compté est *marqué au corps* — ce qui permet le contrôle par l'Agent européen chargé des reconnaissances

Ces sondages ont été commencés au début de l'année 1948

d) Etablissement d'une liste des villages et des concessions agricoles et minières limitrophes ou formant enclave dans les formations forestières avec indications concernant le nombre de cases, le nombre de contribuables, le nombre de bovidés, l'importance des rizières, le Canton et le District auxquels appartiennent les villages.

Ces indications sont portées sur une fiche jointe à chaque carton (voir annexe V).

CHAPITRE IV

MISE AU NET DE LA CARTE AU 1/100.000e.

§ 1. — Dessin de la carte originale.

Les cartons de reconnaissance et les fiches jointes centralisés au Service Local des Eaux et Forêts chargé de la mise au net de la carte.

Le Service Géographique fournit un canevas au 1/100.000^{e} (annexe IV) où l'on reporte au crayon à l'aide d'un pantographe l'agrandissement au 1/100.000^{e} de la retombe des Mines au 1/200.000^{e}.

Le dessinateur complète et rectifie cet agrandissement avec les renseignements fournis par les cartons au 1/50.000^{e}. Il obtient ainsi une carte au 1/100.000^{e} mise à jour. Sur cette carte, il reporte les limites des formations forestières conformément aux conventions de la légende.

Avant de passer sa carte à l'encre, le dessinateur doit vérifier la bonne exécution des raccords avec les cartes placées au Nord, à l'Est, à l'Ouest ou au Sud.

Les limites des territoires à classer (voir Chapitre V) sont indiquées par un pointillé rouge d'un millimètre d'épaisseur.

La carte obtenue est dite « carte originale » où :

1. les écritures et signes topographiques sont représentés en noir;
2. les routes, sentiers et limites des territoires à classer sont représentés en rouge;
3. les formations forestières sont représentées en vert.

§ 2 — **Exécution des calques pour le tirage.**

Le dessinateur fait ensuite un calque de tout ce qui, sur la carte, figure en noir. Il en fait un deuxième pour ce qui y figure en rouge et un troisième pour ce qui y figure en vert. Il est inutile de dessiner le titre, la légende et le cadre extérieur qui sont imprimés directement par le Service Géographique.

Ces calques, après vérification, sont expédiés au Service Géographique qui exécute les tirages

CHAPITRE V

DETERMINATION DES TERRITOIRES A CLASSER DANS LE DOMAINE FORESTIER.

Lorsque la carte originale est achevée, il est possible de fixer sur le papier les limites des Domaines Forestiers.

Les principes à suivre pour le choix de ces limites sont les suivants:

1. Les limites des Domaines Forestiers doivent être des limites naturelles : routes, chemins, cours d'eau, ce qui oblige parfois à englober dans le Domaine à classer des formations forestières dégradées et même des prairies.
2. Les territoires à classer doivent avoir une surface d'au moins cent hectares, sauf dans les régions presque entièrement déforestées.
3. Des formations forestières très dégradées devront être classées, si leur conservation est indispensable au point de vue de la protection du sol contre l'érosion.

4. Devront être classés dans le Domaine Forestier tous les terrains couverts de végétation ligneuse quelle que soit sa hauteur et dont le sol présente les caractères du sol forestier.
   — ainsi, seront classées les formations sèches très basses sur calcaires de la région du Cap Sainte-Marie;
   — par contre, les savanes à « adabo » ne feront pas partie du Domaine Forestier.

Les limites des Domaines Forestiers, une foix fixées, le Service Forestier en demande l'affectation puis l'immatriculation; cette procédure est malheureusement très longue

Il n'existe, en effet, pas de réglementation à Madagascar permettant le classement rapide des Domaines Forestiers.

Politique forestière à l'intérieur des Domaines Forestiers.

Au voisinage des villages réguliers enclavés, il est indispensable de délimiter le Domaine Forestier par un bornage

A l'intérieur des Domaines Forestiers ainsi délimités, le Service Forestier refuse automatiquement les demandes de concession, les autorisations de cultiver et cherche à y réduire les Droits d'usage. Tous les délits y sont réprimés très sévèrement

CHAPITRE VI

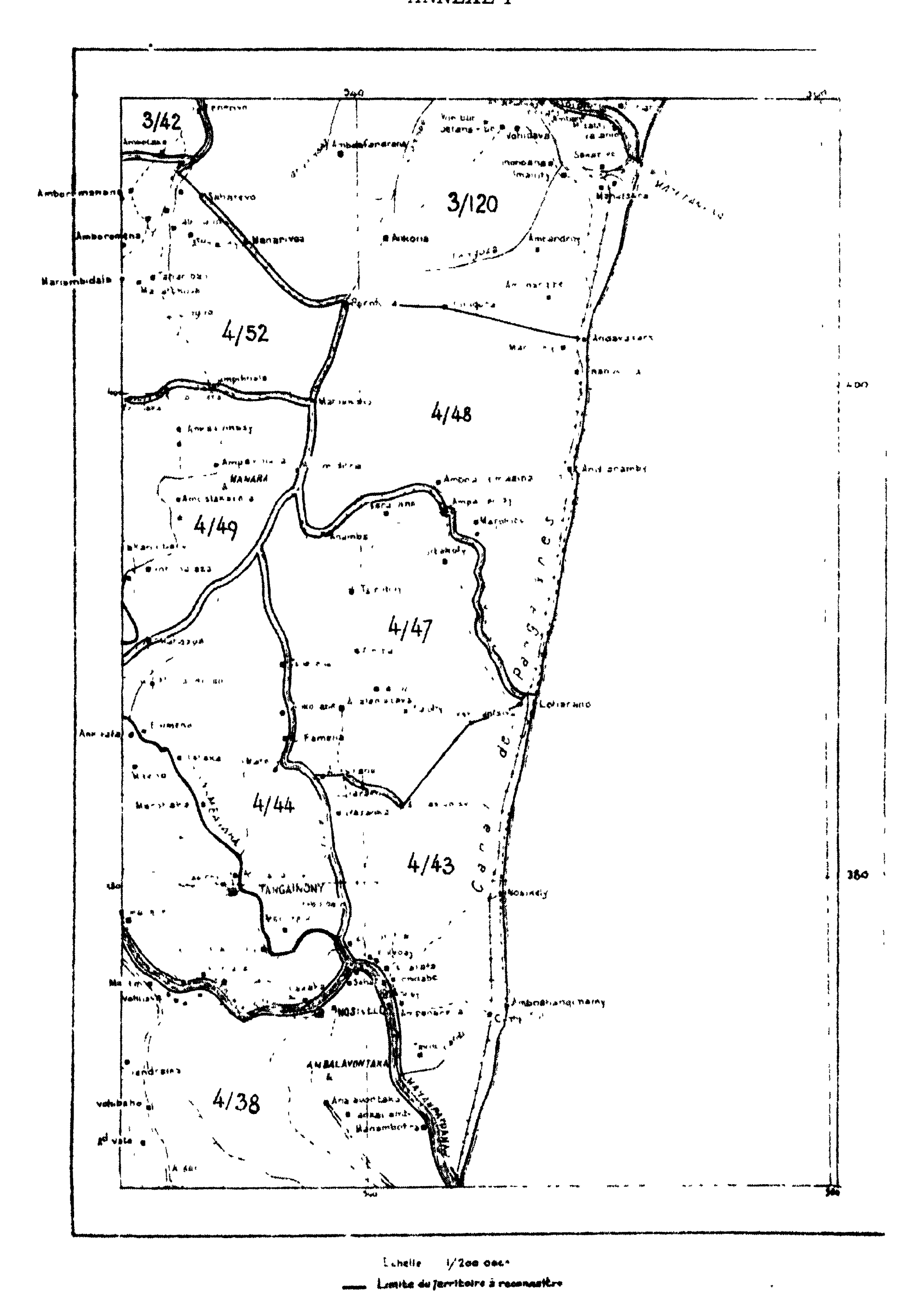
CONCLUSION.

RESULTATS OBTENUS DANS LA PROVINCE DE FIANARANTSOA.

Le tableau ci-dessous indique pour le Domaine Oriental de la Province de Fianarantsoa la surface des formations classées et non classées à la date du 1er janvier 1948.

TYPE de formations forestières	Territoires affectes ou en cours d'affectation au Service des Eaux et Forêts	Formations forestières non classées	Totaux
Forêts primaires de l'Est (type Rain Forest) en formations pouvant y être rattachées	843 062	79 997	923 059
Forêts secondaires de l'Est, formations dégradées dites « Savoka »	187 317	457.449	644.766
Prairies incluses dans les territoires affectés en raison de leur vocation forestière	208.506	—	208 506
Totaux	1.238.885	537.446	1 776.331

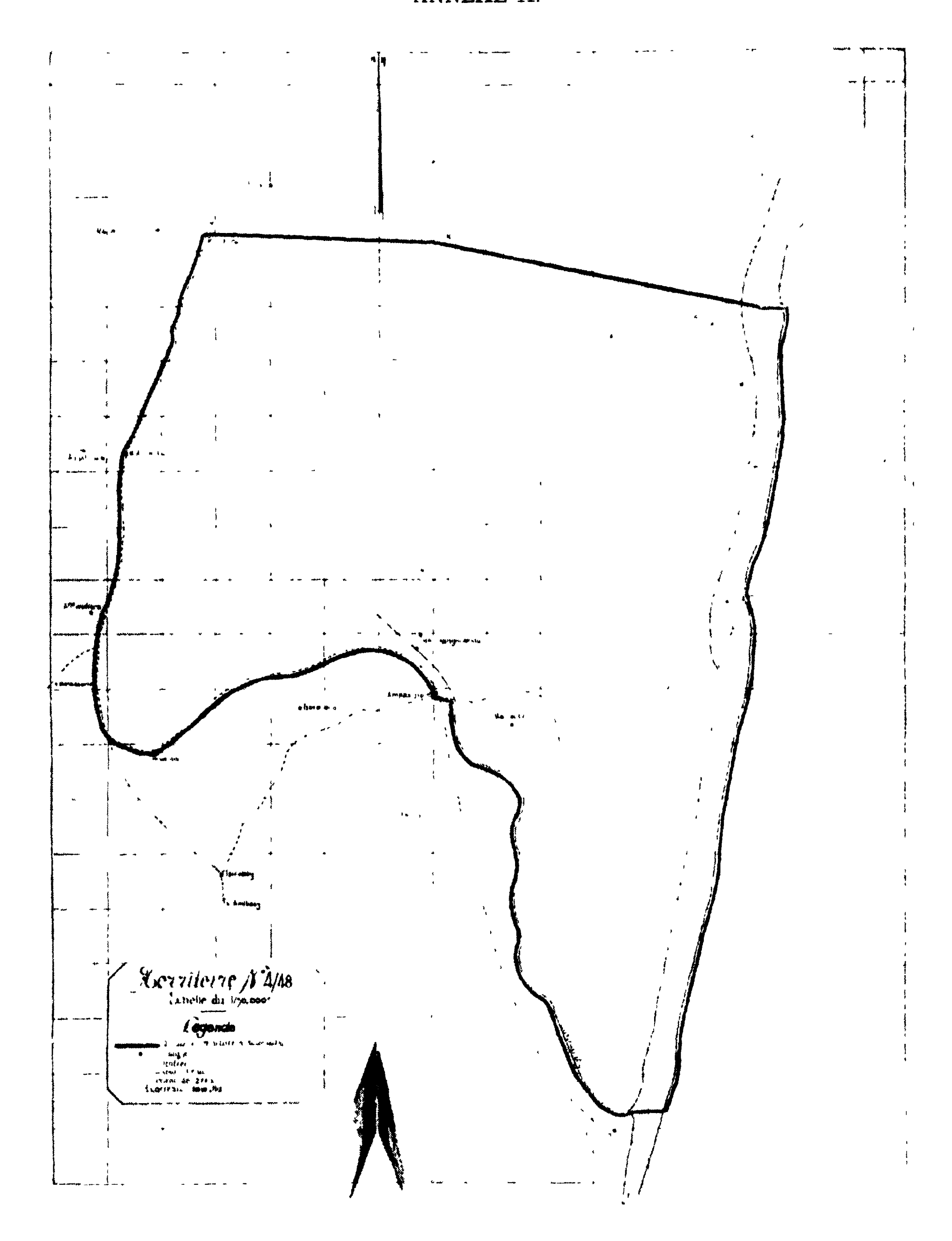
ANNEXE I



Quart Nord-Est de la retombe des mines au 1/200.000e (Farafangana) avec limite des territoires à reconnaître.

N. B - *La photographie de la carte en a réduit l'échelle sur ce cliché à environ 1/300.000e.*

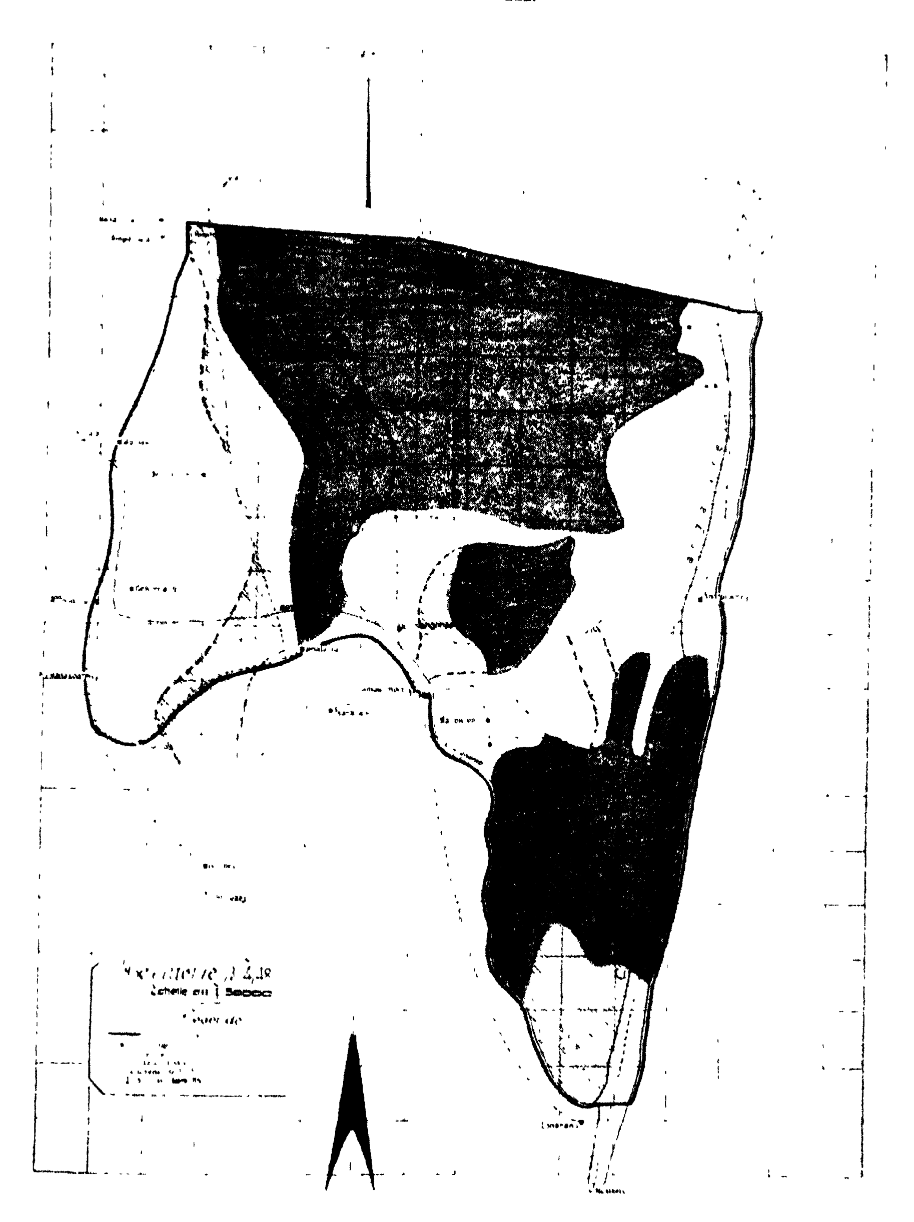
ANNEXE II.



Carton d'un territoire à reconnaitre au 1/50.000e

N. B. — *La photographie du carton en a réduit l'échelle sur ce cliché à environ 1/150.000e*

ANNEXE III.



Carton d'un territoire reconnu au 1/50.000e.

N B. — *La photographie du carton en a réduit l'échelle sur ce cliché à environ 1/150.000e*

ANNEXE IV

Canevas du Service Géographique au 1 100 000

N. B. — *La photographie du canevas en a réduit l'echelle sur ce cliché à environ 1/400.000*ᵉ.

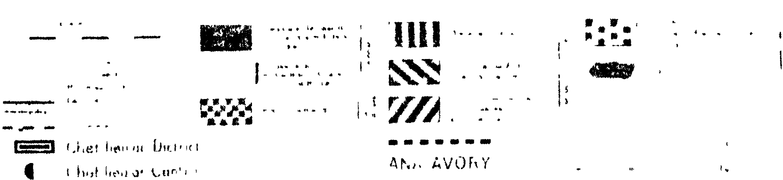
AMALAVORY

TANGAINONY

PANGALANES
FARAFANGANA NORD

Nosivelo

LEGENDE



ANNEXE VI.

Carte forestière au 1 100 000e.

N. B — *La photographie de la carte en a réduit l'échelle sur ce cliché à environ 1 300 000e.*

ANNEXE V

MADAGASCAR ET DEPENDANCES

PROVINCE DE FIANARANTSOA

SERVICE LOCAL DES FORETS

LISTE

villages et concessions limitrophes ou enclavés dans les différentes formations forestières situées sur le Territoire n° ...

Nature de la formation forestière	Village ou concession	Canton	District	Nombre cases	Nombre habitants	Nombre bovidés	Surface des rizières

ANNEXE VII

FICHE DE COMPTAGE.

N° du territoire ...... — **Situation du lieu de comptage** ....

Essence	Circonference inférieure a 0 m 50	Circonference comprise entre 0 m 50 et 1 m	Circonference comprise entre 1 m et 1 m 50	Circonference supérieure a 1 m 50

Methods of Soil Survey in use in the Gold Coast

by

C. F. CHARTER,
Chief Soil Scientist,
Soil Survey Division, Department of Agriculture,
Gold Coast

I. — INTRODUCTION.

Whilst it has long been realised by those responsible for the administration of the African colonial dependencies that soil inventories should form the basis for well-planned schemes of development, exceedingly little has been achieved to-date in the matter of formal soil surveys. This has been largely, if not entirely, due to lack of knowledge concerning the methods by which soil surveys, characterized by an adequate degree of precision, could be carried out in country covered by tall forest and high-grass savannah. Many colonial governments would have provided the necessary funds for systematic soil mapping had they felt assured that reliable methods existed for carrying out such work and that, in consequence, the money furnished would be wisely expended.

In the past, in the British dependencies, at least, attempts at soil mapping have been almost wholly due to the efforts of individual enthusiasts who have had neither the time nor the resources at their command to carry out systematic and precise surveys Due to the nature of the terrain and the immense areas that need covering with some rapidity if soil surveys are to form the basis for agricultural development in the near future, it is considered that work of this nature is unsuited to individualist enterprise and cannot be efficiently and speedily prosecuted by increasing the number of independent workers or the means at their disposal. If the extensive territories that need mapping are to be surveyed with adequate precision and this work to be accomplished sufficiently rapidly to serve as an enduring foundation for future schemes of land utilization and agricultural development, the services of a well-constructed organization, in which different aspects of the work are carried out by separate sections and their results subsequently co-ordinated into a whole, is required.

During the past three to four years, the investigations of the Soil Science Division of the West African Cacao Research Institute have been directed towards the elaboration of precise and reliable techniques for carrying out soil surveys under conditions obtaining in the humid parts of tropical Africa and the devisery of a form of organization suited for putting them into effect. Satisfactory methods have now been worked out and given extensive trial both in forest and savannah country. This paper briefly outlines the field techniques evolved and describes the form of the organization considered most suitable putting them into operation.

The Gold Coast is fortunate in possessing many enlightened chiefs and other informed persons and, largely as a result of their realizing what an important part soil surveys could play in the agricultural development of the country, a Soil Survey Division has recently been added to the Department of Agriculture. During the next few years, this Division will be engaged on the systematic mapping of the Gold Coast Colony, Ashanti and the southern part of Togoland under British Mandate using the methods and the type of organization with which this paper deals. Since the chief agricultural product of the territories mentioned is cocoa , the Cocoa Marketing Board in the Gold Coast has generously donated the sum of £ 150 000 towards the cost of the work.

II. — GENERAL PRINCIPLES UNDERLYING DETAILED RECONNAISSANCE SOIL SURVEYS.

Under the conditions that prevail throughout the greater part of the Tropics, it is impracticable, except over very small areas, to map individual soils, i e soil series or soil types, as has been successfully done in the United States of America and other more or less well-settled temperate countries The dense cover of vegetation, the absence of permanent field and the frequent inadequacy of means of communication preclude this, save over those relatively small areas that comprise European-controlled plantations.

It is possible, however, to recognize in most territories areas where the same individual soils are repeated time and time again in which the constituent soils are associated with one another in a irregular but, nevertheless, typical pattern. Under similar climatic conditions, such patterns are determined, where the underlying parent rock is the same throughout, by differences in relief and drainage. Soil patterns of this nature are, apparently, very characteristic of large parts of tropical Africa, and many people besides soil scientists must have noticed the constantly recurring succession of soils found from hill crests to the valleys below : red soils in the summits of undulations, brown and greyish yellow soils on the slopes and grey, water-logged sands and clays in the bottoms. Other, more complicated, soil patterns

may occur, too, such as where the country rock consist of two or more constantly occuring types and here differences in lithology, as well as in topography, are responsible for the association of soils that is found Elsewhere, as well, areas exist where variations in the nature of the parent rocks are almost solely responsible for the soil pattern that exists and the effects of relief and drainage in determining the character of the associated soils are reduced to a minimum.

Areas of the sorts described, characterized by recognizable associations of soils, very often form well-defined units of the landscape and are generally sufficiently extensive to render the accurate mapping of their boundaries within a reasonable period of time a practical proposition

Soil associations determined by differences in relief and drainage were first investigated scientifically by G. Milne (1) Milne termed the succession or sequence of soils to be found in an area of undulating country underlain by the same sort of rock a « catena ». Milne also described soil associations where differences in the nature of the parent rocks, as well as differences in relief and drainage, contributed to determining the soil pattern. Subsequent to Milne's work, several American soil scientists, notable Jenny and Bushnell, have devoted considerable attention to different types of soil sequences

Milne, in writing of catenary and other forms of soil associations stated :

« In the undeveloped countries of the tropics, the method of detailed surveys is rarely practicable, and one has to depend on the investigation of sample localities and the discovery of a key that will in a general way enable the soil distributon to be predicated for the rest of the area ».

Milne and his collaborators published a soil map of British East Africa on a scale of 1:2.00.000 which showed areas under different soil associations and indicated what the characteristics were of the individual soils which made up each association This work, however, was never systematized : the boundaries of the associations recognised were not arrived at by formal methods of survey and little or no detailed mapping of sample areas was apparently undertaken. But for Milne's untimely death, precise work along these lines could have been anticipated, however.

The type of soil survey that has been elaborated in the Gold Coast, and which is considered suitable for all tropical territories where extensive tracts of undeveloped or little developed country need to be covered with a minimum expenditure of time and effort, is a systematization of the method suggested by Milne It consists of mapping the natural geographical soil associations as much by means of reconnaissance methods and in carrying out detailed soil surveys of small, representative areas of each soil pattern occuring to show the distri-

bution of the individual soils, their relative extent and their topographical and other relationships to one another.

If the soil associations are well-defined and if sufficient sample areas are investigated within each association, it should prove possible to form a reliable estimate of the proportionate areas occupied by the individual soils that together make up the pattern.

This type of survey, since the expanses covered with different soil associations are mapped by reconnaissance methods, whilst the distribution of individual soils within sample areas representative of each association is determined by the methods of detailed survey, can be conveniently termed : *Detailed Reconnaissance Soil Survey.*

Under favourable circumstances, where sufficiently detailed topographical and lithological maps exist, it may be possible to project the information obtained from the detailed survey of sample areas over the whole expanse of country covered by a particular soil association, and to prepare a soil map showing the approximate distribution of the individual soils. Such a map, although it could not be expected to be accurate as to detail, would, nevertheless, present a true enough picture to be of considerable aid in planning schemes of land utilization, in drawing up programmes of agronomic investigation and in assisting in the carrying out of agricultural advisory work.

Detailed reconnaissance soil surveys are relatively rapidly carried out and form a useful basis for further more detailed mapping as this is called for. By their means practically all the soils of a region can be distinguished and described, their relationships to one another worked out and their general distribution and areal significance determined They provide a convenient framework within which more detailed surveys of particular areas can be undertaken when occasion demands and supply all the preliminary information that such projects require

III. — FIELD AND OTHER TECHNIQUES EMPLOYED IN DETAILED RECONNAISSANCE SOIL SURVEYS.

1 SUBDIVISION OF THE TERRITORY TO BE SURVEYED.

Surveys of various sorts are perhaps most frequently carried out on the basis of administrative divisions, i.e. country by country, or district by district. Although this may often have very decided advantages it is considered that detailed reconnaissance soil surveys can be more efficiently conducted by being carried out drainage basin by drainage basin. In favour of this method is the fact that relief and drainage play such an important part in determining soil distribution so that carrying out the survey along these lines focusses attention of two of the principal factors responsible for soil differentiation. Further, and this applies to large areas of Africa, soil surveys are needed as basis for schemes of soil and water control so that conducting the

work in this manner forms a most useful preliminary where conservation work of this character will be undertaken at a later date. Over large parts of tropical Africa, too, development is inhibited by the presence of tsetse fly, and since the distribution of these insects in savannah country is largely determined by the drainage pattern utilization of such areas has to be planned taking this into account.

2. PRELIMINARY SOIL SURVEY.

Before undertaking reconnaissance soil surveys to determine the distribution of soil associations within a drainage basin, and before initiating detailed soil surveys of sample areas within soil associations, a *Preliminary Soil Survey* is necessary. This type of survey consists of two parts : firstly, it comprises study of all the relevant information existing concerning the basin being investigated such as is contained on topographical maps and in meteorological, geological, forestry and agricultural reports; and, secondly, it comprises traversing the basin in as rapid a manner as possible making use of the main lines of communication, roads, the more important trails, navigable rivers, railway lines, etc , in order to get a general idea of the soil associations occurring, and of the particular soils that make up each soil pattern. Of particular importance during this survey is the securing of information by means of which particular soil associations and particular soils occurring in them may be easily and rapidly identified, what are known in systematic botany and zoology as « spotting characteristics ». No formal field mapping is attempted during the preliminary surveys, although a rough sketch map may be produced in the office at the conclusion of the work. On the basis of the preliminary surveys, the reconnaissance and detailed soil surveys within the basins are subsequently planned. Work of this character needs to be carried out by an experienced officer who is thoroughly acquainted with the morphology of the various soils occurring in the territory being surveyed. When detailed reconnaissance surveys are first commenced, preliminary surveys will entail much hard work, but as the soil associations, and their constituent soils, became familiar to the officer engaged on this section of the work, rapid investigation of the basins to be surveyed will present less and less difficulty.

3. RECONNAISSANCE SOIL SURVEYS.

Reconnaissance soil surveys differ from preliminary surveys in that actual mapping is either done in the field, or precise information is collected, on the basis of which, subsequent mapping is carried out in the office

The object of reconnaissance soil surveys is to map the boundaries of the soil associations recognized during the preliminary soil survey of a basin. This is achieved by covering the area being surveyed with

parallel traverse lines. Soil observations are made at regular intervals along these and the points where soil association boundaries cross the verses are determined and then the boundaries are drawn on a suitable base map by means of interpolation. No attempt is made to survey association boudaries along their course, although their position may be more accurately fixed by means of offsets to the main traverse lines where such a procedure is considered advisable.

The parallel traverses consist of lines cut through the forest, bush or savannah along definite compass bearings As far as possible, these traverses are so laid out that they cut the soil association boundaries at right angles 1, information regarding the direction they should take being one of the objects of the preliminary surveys. Suitable base lines such as main roads, railway lines, or rivers are chosen for the starting points of traverses and a small party of land surveyors has the function of locating and marking such starting points in advance to the reconnaissance soil surveyors. Where good topographical maps are lacking, a great deal of useful information regarding relief and drainage can be collected for insertion on the base maps at the same time as soil data are obtained, and without much additional trouble.

In the Gold Coast soil survey, traverse lines for the purpose of reconnaissance work are being run at a distance of 100 chains (approximately 2 000 mètres) apart These traverse lines are cut and appropriate observations made along their course by reconnaissance soil survey parties comprising the following technical officers :

A *direction giver* supplied with a prismatic compass and six labourers to cut bush and hold ranging poles;

A *distance measurer* supplied with a Gunter's chain (66 feet or 20 metres approximately) and three labourers to carry the chain and cut and insert pegs,

Three *soil surveyors*, including the party leader, supplied with a labourer and auger, etc each to make soil observations and to collect soil and rock samples; and

A *vegetation surveyor* who records the principal types of vegetation encountered along the traverse and, when necessary, takes notes on topographical features.

On an average, a party so constituted can traverse three to three a half miles a day (approximately 5 kilometres).

Auger borings, or inspection holes, are made at every furlong (approximately 200 metres) along the traverse Borings are normally carried to a depth of 3 1/2 feet (just over 1 metre), but extensions to the augers are provided enabling borings to be made to a depth of 6 feet (2 metres) where necessary. The topography at the site of each boring is carefully recorded and notes are taken, using standard abbreviations, of the soil profile disclosed by augering. The following data

are recorded for each horizon · depth; colour, content of organic matter, based on colour; texture, based on fuel; consistency, based on ease of augering, etc.; presence of concretions; etc., etc In addition to this, the soil surveyors also collect specimens of the parent rock, or rocks, of the soils encountered along the traverses. The leader, besides general supervision of the party under his charge, has the task of carrying out borings in each type of soil encountered and collecting horizon samples for examination at the field base

The records of the soils investigated and the rock and soil specimens collected are brought in daily to a mobile field base which accompanies the reconnaissance soil survey parties. Here the date collected are critically examined and the boundaries of the various soil associations traversed plotted on specially-prepared base maps. Such work needs to be carried out under the personal supervision of a trained and experienced soil worker

It is to be noted about the field procedure described above that the positions of all traverse lines and the sites at which all auger borings are made and rock specimens collected are accurately ascertained and recorded This enables the work to be checked and provides a firm basis for future operations of a more detailed character schould these prove necessary. Further, all operations performed in the field are of a routine character and have been carefully planned so that each officer knows precisely what his functions are and so that there is no need for hasty and, perhaps, ill-considered improvisation

4 DETAILED SOIL SURVEYS

In detailed soil surveys the boundaries of individual soils, i.e. soil types and soil phases, are mapped These boundaries are plotted by means of interpolations between borings so closely spaced that for all practical purposes the boundaries can be considered surveyed througout their course

The sample areas over which detailed soil surveys are conducted are in the form of long, narrow strips sited as far as possible at right angles to the prevailing relief and drainage channels. These strips may be 10 chains (approximately 200 metres) wide and 200 chains (approximately 4,000 metres) long or 20 chains (approximately 400 metres) long or 20 chains (approximately 400 metres) wide and 100 chains (approximately 2,000 metres) long Experience has shown that strips of these dimensions provide an adequate picture of the distribution of, and relationships between, the individual soils that together make up a soil association

Auger borings to depths varying between 3 and 6 feet (1 and 2 metres) are evenly distributed throughout the sample strips at a distance of 5 chains (100 metres) apart. Under average condition in the

closed forest zone, i. e. in tall forest and in cocoa farms, visibility extends to about 2 1/2 chains (50 metres) on either side of the traverse lines. Under savannah forest conditions the extent of visibility is, of course, much greater, approximating to 10 chains (200 metres) on either side of the traverse lines. In areas of dense secondary bush in the forest zone, and in swampy areas in both the forest and savannah zones, visibility is frequently nil to right and left of the traverses; this, however, cannot be helped. So with borings 5 chains (100 metres) apart, all of the territory being surveyed, except for the particular formations mentioned, comes under observation.

A draft soil map is first prepared showing the boundaries of the individual soils encountered by means of interpolations between the regularly-spaced auger holes 5 chains apart. Using this draft map as a guide, additional borings are made in order to determine the course of the boundaries more accurately. This involves the running of short offsets to the main traverse lines and the cutting of additional traverses in the areas covered by dense vegetation.

In addition to the soil map, a topographical map of the strip is prepared by the use of an Abney level along the traverse lines. Such topographical maps show the courses pursued by drainage channels and contour lines at vertical intervals of 5 feet (150 cms)

As well as soil and topographical maps, a vegetation map of each strip surveyed is also prepared.

After the draft soil map of the sample area has been completed and whilst the final soil map is being prepared, profile pits are sunk in areas representative of each soil occuring in the strip. The profiles disclosed are very carefully described and samples of each horizon are taken for future comparison and for analysis in the laboratory.

A detailed soil survey party consisting of a party leader, 2 land surveyors, 3 soil surveyors and a vegetation recorder is employed on the work described above. Such a party can complete the survey of a sample strip of the dimensions stated in the course of two to three days.

Sample strips are surveyed at the rate of one for every ten miles of traverse carried out during the reconnaissance soil survey. This means that one per cent of the area so covered has its soils surveyed in detail.

Reconnaissance maps are being produced on scales of 1 inch approx. 4 miles (1 : 250.000), 1 inch = approx. 2 miles (1 : 125.000) and 1 inch = approx. 1 mile (1 : 62.500). Detailed soil survey, topographical and vegetation maps of sample strips are produced on the scale of 10 inches = approx. 1 mile (1 : 6.250).

5 SOIL ANALYSES

It is intended to carry out routine analyses on horizon samples collected from representative profiles of all of the principal soils occurring in the regions being surveyed. These analyses will comprise mechanical analyses and determination of reaction, base status, organic carbon, nitrogen, phosphorus, etc. Analyses of the clay fraction, in order to determine the molecular ratio of silica to sesqui oxides, will also be undertaken

Owing to difficulties of supply during the past few years, laboratory investigations have very considerably lagged behind field investigations Laboratories have now been constructed, however, and consignments of chemicals and equipment have commenced to arrive.

6 COMPILATION OF MAPS AND THE PRODUCTION OF REPORTS

A central office for the compilation of the final reconnaissance and detailed soil maps and for the preparation of reports on the regions surveyed is being established

A standard form of report has been devised and this aims at describing the soils encountered in the surveys in relatively simple language so that descriptions of the soils and their agricultural uses can be readily understood by the non-specialist

IV. — THE ORGANIZATION ADOPTED FOR DETAILED RECONNAISSANCE SOIL SURVEYS.

The method of carrying out detailed reconnaissance soil surveys outlines above lends itself admirably to a division of labour such that different officers are each responsible for certain aspects of the survey whilst the data they collect are finally co-ordinated into the form of maps and reports by an officer responsible for this section of the work alone.

As mentioned earlier in this paper, this type of organization is likely to produce more rapid and more comparable results than one consisting of numbers of officers carrying out complete and more or less independent surveys of various parts of the territory.

In the organization adopted in the Gold Coast three categories of work are involved :

1. Unskilled labour .
   cutting and clearing traverse lines, chaining, digging inspection and profile pits, etc.
2. Routine technical work :
   a) laying out traverse lines, levelling, etc.;

b) recording soil observations from auger borings and pits, collecting soil and rock samples, recording vegetation types, etc.;
c) carrying out routine soil analyses in the laboratory;
d) draughting base and final soil maps

3 Skilled technical work :
a) carrying out preliminary soil surveys of drainage basins,
b) supervising reconnaissance and detailed soil surveys;
c) supervising laboratory work;
d) compiling soil maps and preparing reports from the data collected in the field and obtained in the laboratory.

Regarding unskilled labour, all that need be remarked is that the only advantage that soil surveys in the Tropics have over similar projects conducted in more advanced temperate lands is the ready supply of relatively cheap labour that is available.

Work of the second category, being of a routine technical character can be efficiently performed by African staff that has been locally trained. In the Gold Coast soil survey, great use is being made of assistance of this nature. In case the value of results obtained by this means is doubted, examples of similar work that has been and is being carried out by locally-trained African operatives will be given.

The survey departments of most colonies employ locally-trained African surveyors who are, under skilled supervision, responsible for the vast majority of the field and cartographic work. The one-inch-to-the-mile topographical maps of colonies such as Sierra Leone and the Gold Coast are evidence to the high standard of work that operatives of this sort can produce. For a long time, the laboratories of sugar factories in various parts of the Tropics, e. g. the West Indies, have employed locally-trained personnel, many of them Africans, to carry out routine analyses Locally-trained workers have, also over a large number of years, been successfully used in the soils laboratory of the Imperial College of Tropical Agriculture Forestry departments in the Tropics, too, have made successful use of locally-trained African assistants in the mapping of vegetation; excellent work has been done by this means, for example, in British Honduras.

There is no reason, therefore, why African officers should not be trained locally to carry out equally good field work where soil mapping is concerned. This would involve training them in the elements of soil morphology and genesis and in the methods of describing and sampling by means of profile pits and auger borings. During the past few years, a number of African personnel have been given tuition in the field examination of soils, and not only have they shown considerable interest in such work, but the results have been most encouraging.

The great advantage of being able to employ locally-trained operatives for the routine technical work of soil surveys means that more ground can be covered in a given period of time and that European-trained soil specialists, whose numbers at the present time are severely limited, can be released for more skilled work and for supervisory duties. Under the climatic conditions that obtain in the African Tropics, there is no doubt in my mind whatsoever that European specialists are most efficiently employed when engaged on work of a non-routine character : such work is usually performed with a higher degree of accuracy by members of the indiginous population

In a soil survey organised along the lines described, the services of six officers who have received special training and have some experience in soil work, is desirable, if not essential : one to carry out preliminary surveys of the drainage basins to be surveyed by detailed reconnaissance methods, one to supervise the reconnaissance work, another to take charge of the detailed investigation of sample strips, an officer to supervise the initial co-ordination of the field data at the mobile base, an analyst to superintend the laboratory work, and lastly an officer to be responsible for the compilation of the final maps at the main base and to undertake the work of producing reports on the regions surveyed

Extensive soil survey of the type being undertaken in the Gold Coast involve long periods under canvas and the victualling of large numbers of technical officers and labourers whilst engaged on field work Efficient transport facilities and camp organization are essential if good work is to be carried out without delays and discomfort occasioned by irregularities in the arrival of supplies, etc The successful prosecution of projects of this character demands capable administration if costs are to be kept at a reasonable figure. Much experience has already been gained on these matters in the Gold Coast, largely whilst engaged on the survey of land suitable for the large-scale production of groundnuts

V. — CONCLUSION.

A soil survey is not an end in itself, it is a means to an end : it aims at ensuring that different soils are employed for the purpose for which they are most suited For this end to be achieved, it is essential that the people who are actually engaged in tilling the soil and raising crops should themselves understand what soil surveys are and what purpose they serve, and that they, as well as administrative officials, should become soil conscious There is no surer method of achieving this than by a training and employing large numbers of local workers to take part in the surveys, for by this means the aims of such investigations and the elementary principles involved in the correct use of soils will be widely disseminated

The form of soil survey designed to suit conditions in the forest and savannah lands of the Gold Coast, not only allows for the mapping of large areas of different terrain in a minimum of time, but affords opportunity for the technical training of considerable numbers of locally-recruited personnel. Approximately 120 African staff will receive training in the recognition, description and mapping of soils when the Gold Coast soil survey is operating at full strength.

Colonial dependencies to-day are rapidly becoming more and more politically conscious and their peoples are anxious to take an increasing part in the task of developing these territories. If the latter is to be accorded them, greatly increased numbers of trained technical workers will be required. Since agriculture in the major industry of the colonies, and is likely to remain so, it is in this sphere that local technical knowledge will be most needed if their inhabitants are to progress towards higher standards of prosperity. One of the officially recognized features of the Gold Coast soil survey, therefore is the opportunity it will present for training African staff in the basic principles of correct land use.

REFERENCE.

(1) MILNE, G., and collaborators. « A Provisional Soil Map of East Africa » *Amani Memoirs*. 1936

A Method for Taking Soil Profiles

by

L. PEREIRA COUTINHO.
Engenheiro Agrónomo, I. S A

INTRODUCTION.

In the study of the soil it is very important, both from the scientifical and practical view-points, to have circumstantial knowledge on the disposition of its different layers.

From the examination of the physical characteristics and the composition of these layers conclusions are drawn which lead to the adoption or rejection of tracts land for agricultural purposes, and, further, as to suitable crop allocations.

Preliminary conclusions as to agricultural possibilities can be already drawn from the examination of the distributional disposition of the layers

Even in the choice of a tract of land for a given crop, or vice-versa, that observation is of great importance.

As a practical example we might give the case of the rice crop, for which it is indispensable that irrigation water should remain on the soil for some considerable period of time, whereas, for other crops, water-logging would undoubtedly spell ruin.

There is no doubt that a considerable amount of knowledge and many laboratory analyses are required in a detailed study of the layers

Detailed laboratory studies can only be fruitfully pursued if based on complete descriptions of profiles, but in the majority of cases, it must be admitted, they are missing for lack of trained staff.

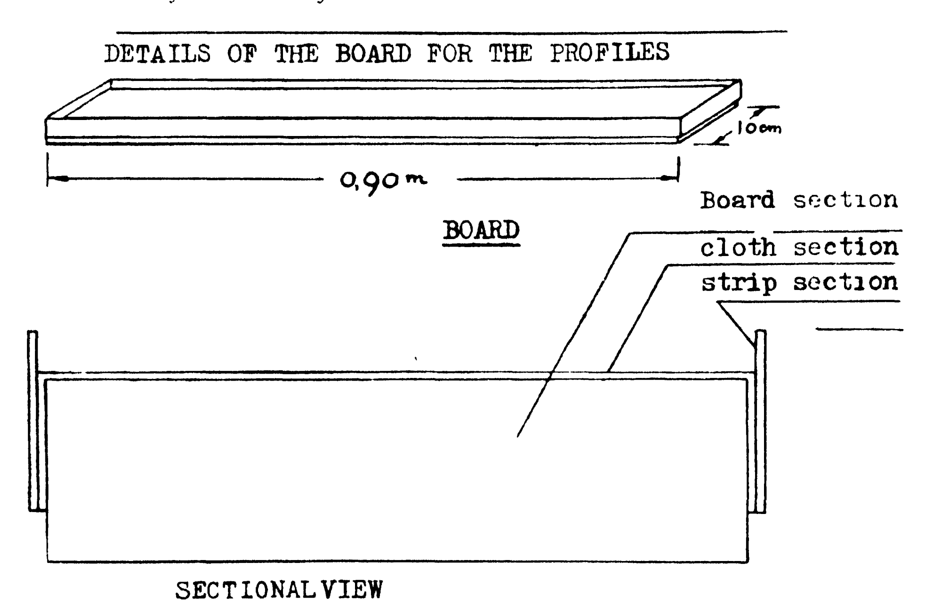
Correct sampling of soil profiles and delivery in good conditions of soil samples to laboratories may in a large measure overcome this difficulty. The purport of this paper is to give some informations on the collection of samples.

The following method for the collection of soil profiles is extremely easy; the equipment required very simple and unexpensive. It was used satisfactorily at Umbeluzi Experiment Station where the soil is generally a sandy loam but with sometimes a subsoil of pure sand. In the latter case fixation of the material offers some difficulties but with care it can be successfully done.

II. — THE METHOD EMPLOYED FOR THE COLLECTION OF SOIL PROFILES.

Several methods of soil profiling have been described In some, the different layers are sampled separately and reassembled and disposed in an order resembling the natural appearance. Others based on monoliths.

The first methods have many drawbacks, the natural relationship of the layers is hardly maintained.



On the other hand the processes of the second method fulfill all requirements in this respect, and are the only ones that come near to perfection; they produce a complete and natural soil profile in which the particles present their natural dispersion and leave the layers undisturbed

One of these processes is based on the employement of soft steel-plate boxes which are embedded in one of he pit-walls and the monoliths are dislodged by incising along the sides of the box. Two boxes are needed for each profile.

No estimation has been made, but it is doubtful that the material would be expensive.

The Schlacht's process consists in spreading a thick coating of a special gum — about 2 mm. thickness — on a celluloid or thick paste-board plate; the plate is then applied to a well smoothened surface of a pit-wall.

Besides these, Prof. Botelho da Costa has described in *Reconhecimentos Agrologicos* other processes in which profiles are recon-

structed; mounting each of its fractions on sections marked on a board which has received a coating of warm glue (J. A. Prescot's process) or either, as indicated by Prof. Botelho da Costa, by putting the soil on a gauze piece under a layer of approximately 1 cm. in thickness This layer is moistened and allowed to dry and cleave. The gauze piece is then stretched and applied to a board with warm glue.

Other processes are based on cutting off a land-section: but this method gives bulky and heavy samples

III — THE PROCESS FOLLOWED AT UMBELUZI EXPERIMENTAL STATION.

The Chemistry and Soil Section of the Umeluzi Experiment station has used the following process to advantage.

A — EQUIPMENT

1) Boards for mounting the soil profiles :

Each profile requires a board, planed on two sides, of 90 cm by 10 cm by 2,5 cm.

The timber should be strong and rigid

« Imbila » (*Pterocarpus angolensis*) has been used but, presumably, better results could be obtained with lighter timber

A light coating of glue is applied with a brush to one side of the board; a strip of cloth (thick raw cloth or flannel), measuring 95 cm x 15 cm (wider and longer than the board by 5 cm) is immediately applied

When the cloth is well stretched and glued on, the board is left to air-dry.

A strip of zinc -- 2.5 cm wide by 205 cm long — is nailed around the board and so adjusted that the upper edge is 7 mm above the board-level, nailing should be done at 5 cm intervals. The final appearance is that of a shallow box.

Care must be taken to adjust the zinc-strip with no bulging. The excess cloth that appears under the strip is sheared off. The board is now ready for use

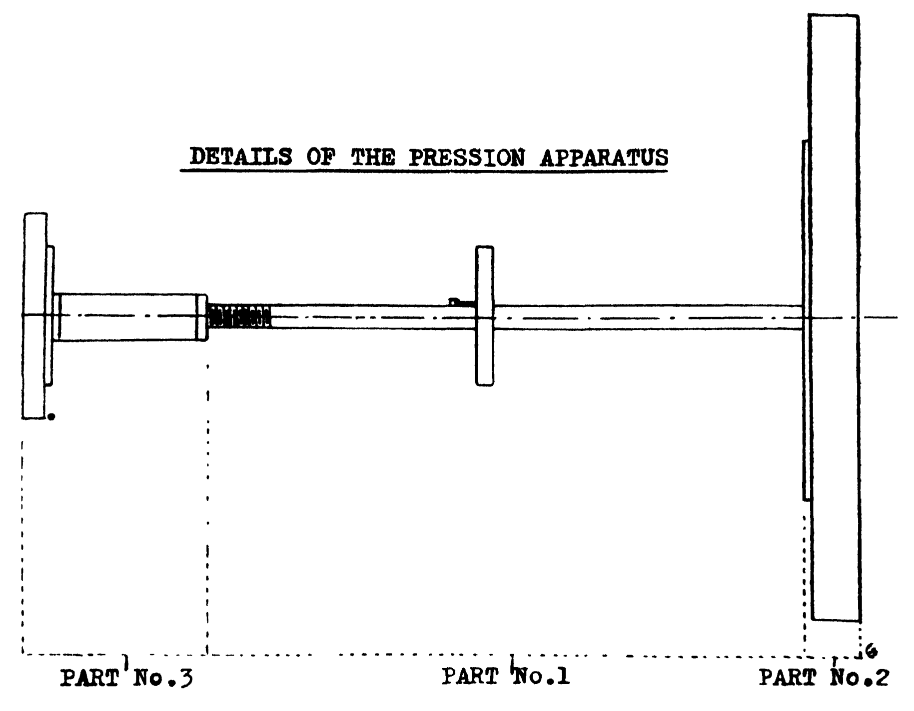
2) Pression Apparatus (1)

A very simple apparatus is advantageously used to embed the box on the pit-wall

Part n' 1 : An iron bar, 95 cm long and 1 inch thick is threaded on one end and turned down a length of one cm at the other, a handle-wheel is bolted on at the middle

(1) Pressure can also be exerted with a beam wedged in between the board and the opposite wall, this method may however be troublesome.

Part n° 2 : Wooden beam, 8 cm square with an iron plate 55 cm × 8 cm × 0,7 cm screwed to the middle. This plate is bored at the center so as to receive the turned down end of the iron bar (part n° 1).



Part n° 3 : A galvanized iron tube 20 cm long, threaded inside and into which the threaded part of the iron can be screwed is riveted on to an iron plate 20 × 7 × 0,7 cm, which is screwed on to a 30 cm square wooden board.

The accompanying figure illustrates the final set up. By turning the handle-wheel in the appropriate direction the profiling board is pressed against the pit-wall

A bar 40 cm in length, suitably placed, can be substituted to the handle-wheel.

The dimensions of the set up are calculated for pits approximately 1 meter wide. Adjustment is obtained by removing or adding soil.

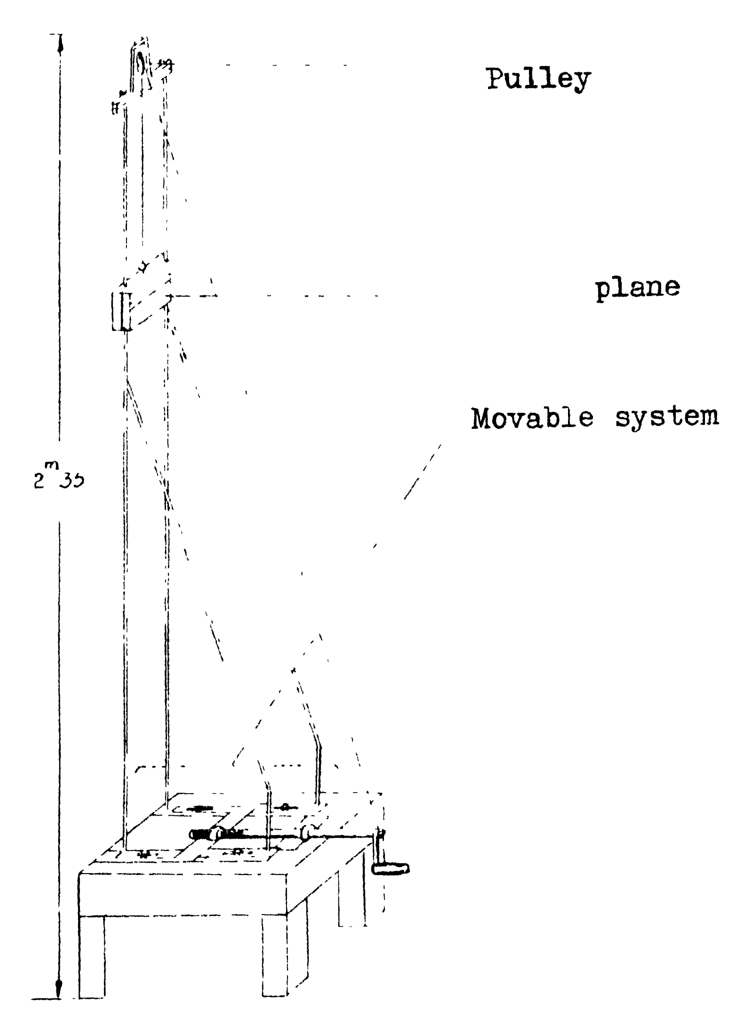
3) Smoothing apparatus (1).

Experience in soil profiling by the method described above has shown the necessity of carefully smoothing out the surface onto which the profiling-board is to be pressed.

(1) This apparatus is only advantageous when collecting a number profiles. In isolated cases smoothing can be obtained with a straight-bladed spade and ruler of hard wood.

Formerly this was done by hand with a straight bladed spade and finishing off with a planed ruler, but this has the drawback of being very slow.

Smoothing apparatus



It was thought that with a suitable apparatus faster and better results could be obtained Such an apparatus has been constructed at Umbeluzi Experiment Station and has given very satisfactory results.

We present only the diagram from which the apparatus was constructed and do not give further informations as some improvements are being introduced to it.

B. — PROCEDURE IN THE COLLECTION OF PROFILES.

The pits that have to be dug when carrying out the above mentioned profiling methods must have :

Length	. . . . . .	2 meters
Width	.. ..	1 meter
Depth	. . . .	1,5 meter

The pits are dug as usual in agrological work. The collector goes down by steps that are carved out as the pit deepens.

As soon as the pit has the required dimensions the most suitable wall is chosen for taking the profile and a surface smoothened taking in consideration the dimensions of the profiling board (90 × 10 cm) Place the board in its correct position and with a knife, curved at the point, incise the wall surface by following carefully the zinc strip nailed to the board. Once the groove completed give the board a liberal coating of warm glue with a brush until a thickness of 3 to 4 mm is obtained. The board is then immediately applied to the wall surface with the zinc-strip well in the groove and pressed against the wall surface with the pressure apparatus.

The time needed for the handling and the fixation is variable, depending on the moisture content of the soil and weather conditions

Usually the board must not be removed before 5 to 6 days. For the removal of the board pratice a slanting incision all round by chipping off with a flat spade the earth which has already been freed on one side by the incision made by the knife.

When this has been done, remove the pressure apparatus while an assistant holds the board in position by its lower part

Remove all adherences. The board is then carefully picked up and carried into the laboratory where it is appropriately touched up

It is then left to be sun-dried, which takes about 3 to 4 days. When perfectly dry the excess earth is removed very carefully with a good hand steel saw.

After having been leveled off, give the profile a brushing and remove with a pen-knife any lump of glue that may adhere to the board.

The profile is then covered by a strip of cellophane cut to proper dimensions and gum it down all round the sides.

Air moisture variations may cause the cellophane to wrinkle. To avoid this, which impairs observations and spoils the exhibit, it suffices to moisten lightly the cellophane before putting on and stretching it before gumming it down.

When well prepared a profile makes a fine exhibit and is under best conditions for examination.

Sur le dosage des sesquioxydes hydratés libres Comparaison sommaire de trois méthodes

par

R. BÉTRÉMIEUX,
Chargé de Travaux.

Le dosage des oxydes libres, fer et alumine, est une détermination importante pour l'étude de l'évolution des sols et en particulier des sols des régions tropicales où l'altération des roches et des silicates peut être très poussée. L'élimination des oxydes est aussi nécessaire pour certains travaux tels que : examens minéralogiques, études d'absorption d'anions et des propriétés d'échanges.

Comme pour beaucoup de déterminations portant sur un matériel aussi complexe que la terre, la difficulté est d'obtenir à la fois une extraction totale des oxydes libres, et d'éviter des surcharges provenant d'une attaque d'autres formes minérales, notamment des silicates. Aussi, n'est-il pas étonnant que plusieurs méthodes plus ou moins différentes aient été proposées par les auteurs qui se sont attachés à ce problème.

Dans les unes, les sesquioxydes, ainsi que la silice colloïdale, sont solubilisés en même temps par un même réactif acide plus ou moins tamponné; acide oxalique à pH 3,2 pour O. Tamm (1), acide tartrique à pH 5,3 pour E. Jung (2), qui considère le précédent réactif comme trop acide et susceptible d'attaquer l'argile.

Dans d'autres méthodes, dues à E. Truog et ses collaborateurs (3) (4), l'alumine et la silice d'une part, l'oxyde de fer de l'autre, sont extraits séparément. Les premiers sont solubilisés par une solution alcaline, tandis que le troisième est dissous en milieu légèrement acide après transformation en sulfure. La deuxième méthode citée est une modification de la première, mais il semble, d'après les auteurs mêmes, qu'elle provoque une attaque sensible des silicates, et en particulier des silicates de fer plus fragiles (4). Dans la première, au contraire, où l'extraction a lieu à froid en milieu neutre ou légèrement alcalin, les silicates ne sont pratiquement pas attaqués malgré la redissolution, d'ailleurs facile, des sulfures par HCl très dilué (5).

Signalons également une méthode très différente des précédentes due à F. Hardy (6), et qui paraît avoir été peu utilisée, où les sesquioxydes des sols tropicaux sont identifiés et dosés approximativement

en utilisant leurs propriétés d'absorption pour l'alizarine dans certaines conditions.

Jusqu'à présent, c'est le dosage ou l'élimination du fer libre qui ont le plus attiré l'attention et l'on peut encore citer à ce sujet :

— La méthode de A. Demolon (7), qui utilise l'acide oxalique à 2 %;

— La méthode biologique de L. E. Allison et G. D. Scarseth (8), qui paraît très efficace et très intéressante, malgré les délais exigés, grâce à la douceur de la réaction due à la réduction et à l'acidification légère provoquées par fermentation en milieu sucré anaérobie;

— La méthode de H. G. Dion (9), où le fer est réduit par l'hydrogène naissant.

DOSAGE DE L'OXYDE DE FER LIBRE

Parmi toutes ces méthodes, nous avons été amenés à en utiliser trois, celles de Tamm (1), Demolon (7), Truog et Drosdoff (3), dans les conditions indiquées par les auteurs, c'est-à-dire deux extractions successives pour la première et une seule pour les deux autres. Dans le cas de la méthode de Truog et Drosdoff, les échantillons avaient été soumis préalablement au traitement par le carbonate de sodium à 2 % pour le dosage de l'alumine libre; cette façon d'opérer n'est pas sans importance comme nous le verrons plus loin.

Dans les solutions, le fer a été dosé colorimétriquement par la méthode au sulfocyanure indiquée par G. Barbier (10).

Les résultats obtenus sur les deux sols de Sérédou (Guinée Française) sont indiqués sur le tableau I et sur la figure I.

TABLEAU I

Fe^2O^3 LIBRE % DE LA TERRE SECHEE A 105°.

Horizons (profondeur en cm.)	SOL FORESTIER				SOL DE SAVANE		
	0-45	45-115	115-200	·200	0-25	25-100	100-200
Méthode de O Tamm	0,187	0,094	0,068	0,057	0,111	0,082	0 046
Méthode de A. Demolon	0.96	1,24	1,01	1,12	0,98	1,22	1,18
Méthode de Truog et Drosdoff	1,0	2.36	3.36	4,15	1,93	2,72	3,43

Il saute aux yeux que, suivant la méthode, les résultats sont très différents, non seulement quant aux quantités extraites, mais également quant au sens de variation dans un profil et au classement des horizons correspondants des deux sols voisins étudiés.

Fig 1. Dosage de Fe_2O_3 libre par trois méthodes sur deux sols de Séredou

Méthode de O. TAMM

Méthode de A. DEMOLON

Méthode de F. TRUOG et M. DROSDOFF

Sol forestier

Sol de savane

Fe_2O_3 %

0
1
2
3
4

I II III IV

N^{os} d'Horizons

La méthode de Truog et Drosdoff donne les valeurs de loin les plus élevées; la teneur croît avec la profondeur et le sol de savane est notablement plus riche que le sol forestier; la différence entre les deux s'atténuant avec la profondeur.

Avec la méthode de Demolon on obtient la même valeur que précédemment pour l'horizon supérieur du sol forestier, mais les résultats sont sensiblement les mêmes pour tous les horizons des deux profils.

La méthode de Tamm donne des résultats très faibles, dont le plus fort n'est que le 1/5me du chiffre correspondant de la méthode de Truog et Drosdoff et là, la teneur décroît avec la profondeur. De plus, le sol forestier paraît plus riche. D'ailleurs, la teinte rouge de certains horizons, qui disparaît complètement avec le traitement à l'hydrogène sulfuré, ne se modifie pas sensiblement avec le réactif de Tamm. L'acide oxalique à 2 %, plus efficace, ne la fait pas toujours disparaître non plus.

En comparant les méthodes de Demolon et de Truog et Drosdoff sur quelques sols de la même région de France, C. Brioux et E. Jouis (11) ont constaté également que l'acide oxalique donnait des résultats un peu inférieurs à ceux de la méthode à l'hydrogène sulfuré, mais le classement des horizons d'un même profil subsistait. Par contre, en opérant avec les mêmes méthodes sur quatre profils de types de sols différents de France, G. Barbier (10) a obtenu des résultats notablement supérieurs avec l'acide oxalique.

Néanmoins ces trois auteurs estiment que la méthode de Truog et Drosdoff est celle qui convient le mieux au dosage de l'oxyde de fer hydraté libre malgré les désagréments que l'on peut éprouver en manipulant l'hydrogène sulfuré.

C'est aussi notre avis. Les chiffres obtenus par la méthode de Truog et Drosdoff paraissent les plus vraisemblables pour les sols latéritiques étudiés, d'autant plus que dans cette méthode il s'agit d'une réaction de surface en milieu neutre de H^2S sur les oxydes finement divisés qui n'entraîne pratiquement pas d'attaque des silicates. Et de fait, l'extrait sulfhydrique contient très peu de silice, l'acide oxalique à 2 % est beaucoup plus énergique à cet égard (G. Barbier). Malgré cela, l'acide oxalique reste nettement inférieur à H^2S pour les sols tropicaux où l'oxyde de fer est plus abondant et sous une forme peut-être moins facilement soluble que dans les sols des régions tempérées. H^2S nous a donné des résultats également supérieurs sur des sols non latéritiques du bassin du Logone.

En outre, la méthode à l'hydrogène sulfuré est rapide, facile à utiliser, et se prête mieux que toute autre à des extractions successives nécessaires pour obtenir des résultats exacts et reproductibles, surtout si l'oxyde de fer est abondant. En effet, G. Barbier (10) a constaté, aussi bien pour H^2S que pour l'acide oxalique, que ce n'était qu'après la troisième ou quatrième extraction que le sol ne cédait

pratiquement plus de fer aux réactifs. Nous nous sommes également rendu compte de ce fait en faisant deux extractions sur quelques échantillons (Tableau II).

TABLEAU II

DOSAGE DE Fe^2O^3 PAR LA METHODE DE TRUOG ET DROSDOFF.
Résultats de deux extractions successives.

Horizons (profondeur en cm.)	AKONOLINGA (Cameroun)			TIMBI-TOUNI (Guinée francaise)			
	0-25	25-65	65-115	0-20	20-50	50-80	80-180
Fe^2O^3 % de la terre séchée a 105°:							
1re extraction ..	3,18	4,04	3,36	1,34	0,95	1,13	2,54
2me extraction ..	1,07	0,52	0,91	0,41	0,43	0,59	0,91
Total	4,25	4,56	4,27	1,75	1,38	1,72	3,45
Fe^2O^3 % du total							
1re extraction ..	75,0	88,5	78,5	76,5	69,0	69,5	73,5
2me extraction .	25,0	11,5	21,5	23,5	31,0	34,5	26,5

La quantité d'oxyde trouvée dans la deuxième extraction est grande mais sans rapport avec la quantité obtenue la première fois ou le total des deux extractions

On remarque également, pour le sol d'Akonolinga, que l'interprétation des résultats d'une seule attaque peut conduire à des conclusions erronées : net maximum entre 25 et 65 cm., alors qu'après deux extractions il devient beaucoup moins marqué.

Pour obtenir des résultats corrects, il faut donc poursuivre les extractions jusqu'à ne plus trouver que des quantités très faibles par rapport au total déjà obtenu.

G. Barbier (10) a également observé que le traitement préalable par CO^3Na^2 à 2 % au bain marie, qui a pour effet de séparer une petite quantité de SiO^2 et de l'alumine considérées comme libres, facilite la solubilisation du fer par l'acide oxalique et H^2S. Inversement, l'élimination préalable de l'oxyde de fer par H^2S facilite, dans une large mesure, la dissolution de SiO^2 par CO^3Na^2. Ce qui montrait que l'oxyde de fer et la silice se protègent mutuellement contre l'action de leurs dissolvants.

DOSAGE DE L'ALUMINE LIBRE.

Le tableau III indique les résultats obtenus lors du dosage de l'alumine libre par deux des méthodes précédemment utilisées sur les deux sols de Sérédou. Al solubilisé a été dosé sous forme de PO^4Al dans les conditions indiquées par C. H. Wright (12).

TABLEAU III.

Al_2O_3 LIBRE % DE LA TERRE SECHEE A 105°.

Horizons (profondeur en cm.)	SOL FORESTIER				SOL DE SAVANE		
	0-45	45-115	115-200	>200	0-25	25-100	100-200
Méthode de O. Tamm	0,272	0,218	0,203	0,203	0,350	0,282	0,231
Méthode de Truog et Drosdoff	1,21	1,65	2,07	1,91	1,44	1,69	1,78

La méthode de Tamm donne encore des résultats plus faibles que celle de Truog et Drosdoff; le sens de variation n'est pas le même non plus. Cependant l'alumine est relativement mieux solubilisée que l'oxyde de fer et les deux sols seraient plus riches en alumine qu'en oxyde de fer.

Là encore, la méthode de Truog et Drosdoff paraît être la plus convenable. Moins commode, celle de Tamm est nettement insuffisante et jette le discrédit sur les méthodes visant à solubiliser en même temps l'oxyde de fer libre, l'alumine libre et la silice colloïdale

Cet exposé fragmentaire n'a pas la prétention de trancher la question mais, plus simplement, de rappeler qu'il serait désirable d'adopter ou de mettre au point une technique de dosage des sesquioxydes libres suffisamment satisfaisante et commode pour être utilisée par tous et permettre la comparaison et l'utilisation des résultats obtenus par différents auteurs. Il nous semble que l'adoption de la méthode simple de E. Truog et M. Drosdoff (3), dans des conditions qui resteraient à préciser, serait déjà un progrès.

BIBLIOGRAPHIE

1. Tamm (O.). — Medd. fr. Statens. Skogsforsoksanstalt, 1922, *19*, pp 387-404
2. Jung (E.). — Z. Pflanz. Düng., 1934, *35A*, pp. 37-46.
3. Truog (E.) et Drosdoff (M.). — Transact. 3rd Inter Congress Soil Sci., Oxford, 1935, vol. I, pp. 92-95.
4. Truog (E.) et coll. — Soil Sci. Soc. Amer. Proceedings, 1936, *1*, pp. 101-112.
5. Drosdoff (M.) et Truog (E.). — J. Amer. Soc. Agro., 1935, *27*, pp 312-317.
6. Hardy (F.). — J. Agri. Sci., 1930, *21*, pp. 150-166.
7. Demolon (A.). — Thèse, Paris, 1926, p. 47.
8. Allison (L. E.) et Scarseth (G. D.). — J. Amer. Soc. Agro., 1942, *34*, pp. 616-623.
9. Dion (H. G.). — Soil Sci., 1944, pp. 411-424.
10. Barbier (G.). — Bull. Assoc. Fr. Et. du Sol, 1936, pp. 283-287.
11. Brioux (C.) et Jouis (E.). — Bull. Assoc. Fr. Et. du Sol, 1936, pp 288-291
12. Wright (C. H.). — Soil Analysis, Londres, 1939, p. 225.

On the Simplification of the Chemical Examination of Soil Samples

by

L. PEREIRA COUTINHO,
Engenheiro Agrónomo I. S. A.

I — INTRODUCTION.

One of the matters of great concern for agricultural chemical analysts is to evolve convenient routines in the analysis of soil, keeping in mind alike the supply of adequate informations as to the purpose of prejudging cultural possibilities and the speed of operation without forsaking the degree of accuracy required in each case.

It is the purport of this paper to suggest certain routines in keeping with the above considerations.

What follows is limited to chemical analysis proper and does not refer to any laboratory work from the physico-chemical point of view.

II. — CRITERION ADOPTED ON THE SELECTION OF ANALYTICAL ROUTINES.

The task of an agricultural laboratory, is so far as the analysis of soil is concerned, has special characteristics which need to be specified.

Conclusions are not usually drawn from single samples, which we hold as granted, are taken under satisfactory conditions, but from a number of samples. This infers a proper organization and the choice of methods that will assure alike speed and accuracy. It would in fact run counter the aims of soil study to adopt such methods so time consuming as to lose the opportunity of establishing crops.

Those that collect samples require informations in the minimum of time.

It is fair that the laboratories should meet these requirements, and be prepared to give them complete satisfaction.

This problem is easily solved providing that, a sound choice of methods has been made, the operations are properly distributed to a trained staff and adequate equipment is furnished.

With respect to the choice of methods of analysis it must be kept in mind the purpose they have to serve when it comes to drawing up conclusions.

Fusion methods for total analysis are, in this respect, more recommendable than the old HCl ou HNO extraction processes as the data thus collected are better interpretable from the agricultural point of view.

Gravimetrical methods are hardly adaptable for rapid and mass operations, although they keep their advantage over volumetric and

	Samples			
	A	B	C	D
1 — Potassium determinations				
Gravimetric methods	2.06	1.33	1.28	1.05
Volumetric and colorimetric methods	2.04	1.34	1.24	0.99
Differences	0.02	0.01	0.04	0.06
2 — Phosphoric acid determinations				
Gravimetric methods	0.230	0.161	0.091	0.054
Volumetric and colorimetric methods	0.227	0.159	0.090	0.053
Differences	0.003	0.002	0.001	0.001
3 — Calcium determinations				
Gravimetric methods	6.65	3.54	2.30	0.43
Volumetric methods	6.80	3.53	2.31	0.44
Differences	0.15	0.01	0.01	0.01
4 — Iron determinations				
Gravimetric methods	6.27	4.85	4.46	4.29
Colorimetric methods	6.31	4.90	4.50	4.21
Differences	0.04	0.05	0.04	0.08
5 — Magnesium determinations				
Gravimetric methods	2.20	2.14	1.76	1.66
Colorimetric methods	2.21	2.11	1.80	1.66
Differences	0.01	0.03	0.04	0.00
6 — Aluminium determinations				
Gravimetric methods	10.65	10.13	9.24	7.71
Colorimetric methods	10.55	10.00	8.90	7.80
Differences	0.10	0.13	0.34	0.09

colorimetric methods when a high degree of accuracy is required. However it appears that, from the agronomical point of view there is no loss in accuracy by the substitution of volumetric and colorimetric to the gravimetric methods.

This contention is supported by typical examples taken from Prof. J. L. Steenkamp's « The Micro-chemical Analysis of Soils » on the application of the two methods to same samples (see page 134).

The differences obtained between the two methods do not exceed those obtained between two gravimetric analyses on one sample The conclusions that can be drawn up from the results obtained from either methods would therefore be just the same

As we may see, these remarks have great bearing on the principles that underlay planning of routine and methods of analyses to be adopted.

As said, gravimetric methods are so time consuming, so expensive in material and equipment and it puts the costs of soils analyses so high that expenses would be prohibitive and would preclude giving large scale assistance to agriculture.

Soil analysis with a view of informing on plant nutrients content or fertilizer needs should be based on colorimetric methods due consideration being given for careful manipulations in the course of operations as a safeguard to accuracy in the results.

Gravimetric and detailed analytical procedure should be reserved for studies of a more academic character.

We are now going to draw up suggestions in view of satisfying the various aims of soil analysis and to establish schemes we think suitable

III — PURPOSES TO WHICH SOIL ANALYSIS ARE DONE. TYPE OF ANALYSES AND ANALYTICAL ROUTINES.

Discrimination in the purposes to which soil analyses are performed is, to-day, of necessity not only because of the development of the methods of soil analysis themselves but also because of the simplification accrued by the use of rapid methods of analysis whenever they fulfill the purpose.

Advantages deriving from such discrimination are many, the principals being :

a) Avoid the collection of analytical data, whose significance is larger than actually required.

b) Avoid considerable loss of time when the required degree of accuracy comes within the scope of fast and time-saving methods.

c) Better organization of the work, increased capacity of the laboratory, reduction in expenditures which all amount to a better assistance to agriculture.

Soils analysis can be carried out alike with the aim of determining all the substances considered, to this day, as indispensable to plant nutrition, either in absolute values or in conditions of availability to the plant and to obtain data on biochemical activity, on the presence of minor elements involved directly or indirectly in plant nutrition, acidity, alkalinity, etc., and in general, on whichever point of agronomical value.

Another aim of soil analysis is to obtain complementary data in pedological study and soil classification.

Besides these types of analysis others are of a simpler kind, when a practical and non-academic point of view prevails.

It may so happen, on the basis of such criteria, that soil analyses are little more than qualitative determinations but which are none the less informative as to the treatments and procedure to adopt.

As a result of the above considerations, three distinct types of schemes for soil analysis can be distinguished :

A. Research analyses.

B. Normal analyses.

C. Rapid analyses

A. — *Research Analyses.* — They are the most comprehensive. The data must be obtained by the most accurate methods, preferably gravimetric. Emphasis must be put on accuracy and care in the manipulations.

Research analyses are as a rule exceptional and are only carried out, as implied, in the course of investigations.

This type of analysis will comprise the determinations of total quantities of plant nutrients such as N, P, K, Ca and Mg as well as SiO_2, Fe, Al, Mn, etc. in relation to soil study and classification. Are also included such determinations as available phosphoric acid, exchangeable bases, those connected with the chemical activity of soil colloids, coefficients connected with bio-chemical activity, namely catalytic power, etc.

If emphasis is put on gravimetrical methods it does not mean that volumetric and colorimetric methods are therefore forsaken.

A tentative list of determinations and an outline of operations is given below (see page 137).

B. — *Normal Analyses.* — This type of analysis is aimed at supplying information alike to researchers and farmers on the available plant nutrients and for other practical considerations.

From them can be drawn conclusions on :

a) Absolute quantities of major elements.

b) Their availability.

c) Total organic matter and humus.

d) Status of acidity and alkalinity.

e) Manure and fertilizer requirements.

f) Quantity of soluble salts.

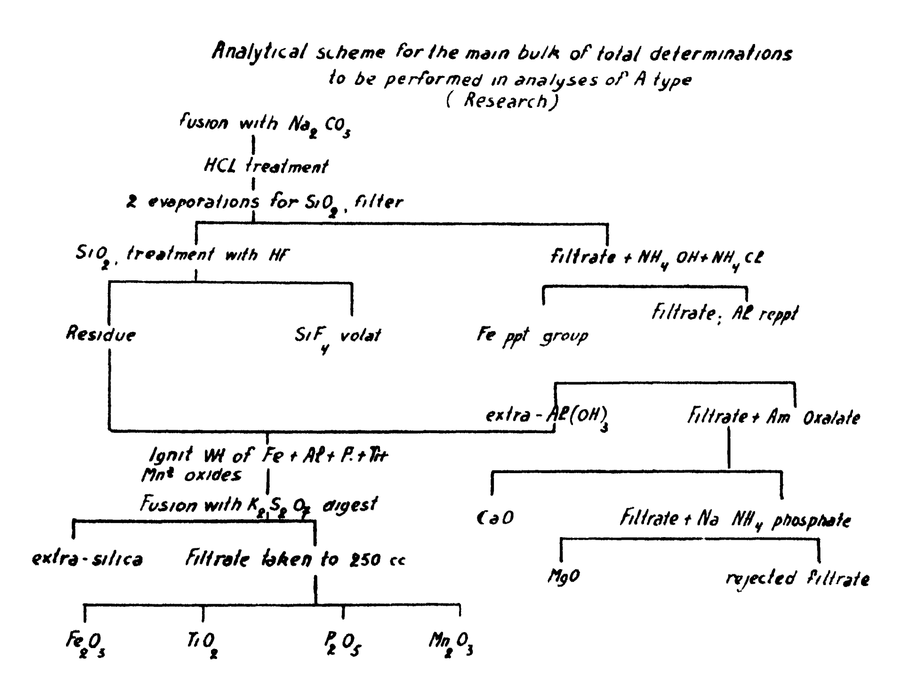
In such determinations all academic considerations are discarded leaving only those with a practical importance.

Operations are much simplified in the bulk of the determination of total values; silica is merely separated off and titanium is left associated with Fe + Al.

Total phosphorus is determined as in A, care, however, being taken to separate the extra-silica, after pyrosulfate fusion, so as to avoid silica contamination for the colorimetric determination.

By using the indirect method, K and Na determinations are simplified.

In this method, after the determination of the mixed chlorides (NaCl + KCl), the determination of total chlorine is carried out according to Charpentier-Volard's method.



Tentative determinations list, concerning A type (Research).

1.	Moisture	(Loss of wt. at 110° C)
2.	Loss of wt. on ignition	(Loss of wt. at 650-900° C)
3.	Total organic matter	(C determination wet or dry combust.)
4.	Humus	(Colorimetric determination)
5.	Combined H_2O	(By difference)
6.	Carbonate CO_2	(Volumetric determination)
7.	Total SiO_2	(Gravimetric » »)
8.	Total Al_2O_3	(By difference)
9	Total Fe_2O_3	(Volumetric determination)
10.	Total P_2O_5	(Colorimetric » »)
11	Total Mn_2O	(» » »)
12	Total TiO_2	(» » »)
13.	Total CaO	(Gravimetric determination)
14.	Total MgO	(» » »)
15.	Total K_2O	(» » »)
16	Total Na_2O	(By difference)
17.	Total, SO_3	(Gravimetric determination)
18.	NaCl	(Volumetric » »)
19.	Total Nitrogen	(» » »)
20	Ammonium Nitrogen	(» » »)
21.	Nitrate Nitrogen	(Colorimetric determination)
22.	Available P_2O_5	(» » »)
23.	Total exchangeable bases	(A O A C methods)
24.	Exchange capacity	(» » »)
25	Exchangeable Hydrogen	(» » »)
26	Exchangeable Potassium	(» » »)
27.	Exchangeable Calcium	(» » »)
28.	Exchangeable Magnesium	(» » »)
29.	Actual acidity	(Potentiometric determination)
30.	Titrateable acidity	(Volumetric method)
31	Total alkalinity	(» »)
32.	Catalytic power	

Special Ratios. C/N, SiO_2/R_2O_3, SiO_2 Al_2O_3, SiO_2 Fe_2O_3, Fe_2O_3/Al_2O_3 and molecular Eq for SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3
Fe_2O_3/Al_2O_3 and molecular Eq. for SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3
Eventual determinations : Boron, Zinc, Selenium, etc

Coloidal Chemical Analysis Total determinations of Si Al Fe, Ti Mn, Ca, Mg, Na, K and P
and special ratios, and Mol. Equivalents as above

Evaluation of K_2O + Na_2O is then performed as follows let

x = weight of mixed chlorides and

y = weight of chlorine corresponding to them

(a) KCl + NaCl = x

But, as to each part of NaCl and KCl correspond respectively 0.6066 and 0.4756 parts of chlorine we have :

(b) 0.6066 NaCl + 0.4756 KCl = y

Cancelling NaCl in both equations (a) and (b) we have :

$$KCl = 4.630\,x - 7.633\,y \text{ and}$$

$$NaCl = y - KCl.$$

and considering the weight of each chloride

$$K_2O = KCl \times 0.6317$$

$$Na_2O = NaCl \times 0,5302$$

Calcium and magnesium can be evaluated indirectly in the same manner.

Carbonated calcium and magnesium are completely precipitated in a solution containing an excess of ammonium carbonate and ammonia. A certain quantity of $MgCO_3$ is nevertheless hydrolisable and prevents its complete precipitation. This can be overcome by adding, according to Gooch and Eddy, an excess of alcohol to the solution, with which the precipitation is complete.

The total joint precipitation of Ca + Mg can be obtained by reducing the volume of the filtrate from the iron group and adding to it the same volume of Gooch and Eddy's solution, filtering the precipitate of the joint Ca and Mg carbonates, washing, redissolving in HCl and finally reprecipitating, filtering, igniting and weighing their oxides :

Then, let $CaO + MgO = x$

The oxides are then changed to sulphates by careful addition of dilute H_2SO_4, and weighing after drying and igniting :

$$CaSO_4 + MgSO_4 = y$$

if, $x =$ the weight of the oxides and $y =$ the weight of sulphates then $y - x = z$, which is the weight of SO_3.

As in every part of $MgSO_4$ and $CaSO_4$ there are respectively 0.6651 and 0.5882 parts of SO_3 we have :

$$0.6651\,MgSO_4 + 0.5882\,CaSO_4 = z$$

by calculation we arrive at

$$MgSO_4 + CaSO_4 = y$$

$$CaSO_4 = 8.649\,y - 13.004\,z$$

$$MgSO_4 = y - CaSO_4$$

and finally for the weight of the oxides :

$$CaO = CaSO_4 \times 0.412$$

$$MgO = MgSO_4 \times 0.335$$

This method is much speedier than any other for Mg or Ca determinations.

Approximate total of soluble salts can be determined by the specific resistance of the soil at 60°F.

Carbon is determined, for total organic matter, by wet or dry combustion.

Humus is determined colorimetrically.

The general scheme and the tentative list of determinations are given hereunder (see below).

C. — *Rapid Analyses.* — These analyses are destined to give rapid information on the approximate quantities of essential plant nutrients.

These analyses are assuredly not of high accuracy but they are nowadays useful and of interest for certain crops.

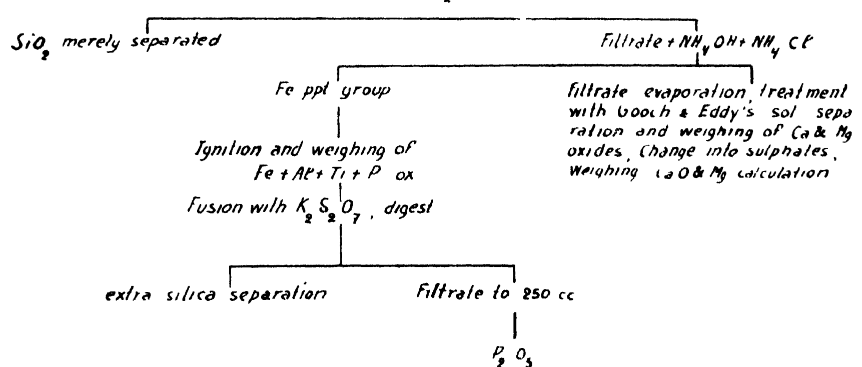
They have their use in horticulture, gardening and forestry where, it is obvious, indications on the scarcity of certain elements may be sufficient for practical purposes.

Analytical Scheme for the main bulk of total determinations to be performed in analyses of B type (Normal)

Fusion with Na_2CO_3

HCL treatment

Evaporation for SiO_2 filter



Tentative determinations list, concerning B type (Normal).

1	Moisture	(Loss of wt. at 110° C)
2.	Loss on ignition .	(Loss of wt. at 650-900° C)
3.	Total organic matter . . .	(C determination wet or dry combust.)
4.	Humus . . .	(Colorimetric determination)
5.	Carbonate CO^2 . . .	(Volumetric » »)
6.	Actual acidity	(Colorimetric » »)
7	Titrateable acidity .	(Volumetric » »)
8.	Total Nitrogen	(Volumetric » »)

9.	Nitrate Nitrogen	(Colorimetric » »)
10.	Total K^2O . .	(Indirect method)
11.	Total P^2O^5	(Colorimetric determination)
12.	Total Fe+Al .	(By difference)
13.	Total CaO	(Indirect method)
14.	Total MgO	(» »)
15.	Available P^2O^5 . .	(Colorimetric determination)
16.	Total exchangeable bases .	(A.O.A.C. methods)
17.	Exchange capacity . . .	(» »)
18.	Exchangeable Potassium	(» »)
19.	Exchangeable Calcium .	(» »)
20.	Exchangeable Magnesium .	(» »)
21.	Specific resistance at 60° F. .	(Potentiometric determination)

It does not preclude however, that the data made available by such methods are useless for farmers and research workers; quite on the contrary, we are convinced that there is a definite future for them in this respect.

Further, these methods should be carefully investigated upon so that they be simplified as far as possible, alike in the procedures us in the interpretation of results.

The Section of Chemistry and Soils of the Department of Agriculture of Mozambique has given much attention, of late, to these methods, studying modifications as local conditions demand and investigating on their wider application in every-day practices.

With this in mind, special attention has been given to C. H. Spurway's soil testing method (Soil testing, a practical system of soil fertility diagnosis), which has been used to our satisfaction.

The determinations which are at present effected in the rapid soil analysis in our department are the following :

1. Texture classification, based on the percentage of fine material, by Bouyouco's simplified method.
2. pH (colorimetrically determined).
3. Rapid chemical tests, by Spurway's technique, including the determinations of :

   Active elements :

   Nitrate nitrogen
   Ammonia nitrogen
   Phosphorus.
   Potassium
   Calcium
   Magnesium

Iron
Aluminium
Manganese
Chlorides
Sulphates

Reserve elements :

Potassium
Phosphorus
Iron
Manganese

To these will be added soon the determination of organic matter by rapid methods.

Well trained staff can perform a considerable number of such analyses in a day's work.

BIBLIOGRAPHY

MILLORD and THOMPSON — *A Treatise on Quantitative Inorganic Analysis. Official and Tentative Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*

C. VAN DER MERWE. *Soil Groups and Sub-Groups of South Africa.*

AURELIO MAZZA. — *Quimica Analitica Cuantitativa Aplicada a la Quimica Agricola.*

VAGELER, P — *An Introduction to Tropical Soils*

REBELO DA SILVA. — *Quimica Agricola*

Prof. J. L. STEENKAMP. – *The Micro-Chemical Analysis of Soils*

FRANCIS E. HANCE — *Soil and Plant Material Analysis by Rapid Chemical Methods.* Bulletin n°s 50, 51 and 53 of the Experiment Station of Hawaiian Sugar Planter's Association Honolulu

M. F. MORGAN. — *The Universal Soil Testing System,* Bulletin nº 372 and Circular nº 89 of the Connecticut Agricultural Experiment Station New-Haven.

C. H SPURWAY. — *Soil Testing. A practical System of Soil Diagnosis. Michigan State College of Agriculture and Applied Science Section of Soils. East Lansing* Michigan

Suggestions for systematic Soil classification and nomenclature

by

G. H. GETHIN JONES Senior Soil Chemist — Kenya.

In the first place it must be realised that the term « classification » when applied to natural soils has a special meaning in that the range of soil conditions obtaining over a continental region or within a limited area forms a continuous variant and therefore any division into classes must be arbitrary and not based on recurring exact characteristics Furthermore, in deciding on soil nomenclature for the different categories of classification ranging from the Soil Series — and even the textural soil types — to the Great Soil Groups, it must be remembered that there are no « ideal » soils that are perfect representatives of named types of soil within the different categories of classification. Soil classification and nomenclature and, indeed, soil mapping, have to be approximate, defining a described range of conditions : the boundary between neighbouring soils can be sharp where it coincides with some deciding natural feature or purely arbitrary when separating two not dissimilar soil conditions which grade from the one to the other. Again, the range of differing soil conditions that may be permitted within an arbitrary unit of classification such as the Soil Series, must necessarily vary It is permissible to allow a fairly wide degree of variation in such properties as depth, relative thickness of natural soil horizons, where these occur, slight differences in topography and the lithology of the parent material and in soil colour, but the soil must be influenced by the same main generic factors

When carrying out soil surveys, there will always be a mass of records of new sets of soil conditions and of their occurrences which have, as yet, not been classified. New Soil Series started when particular recorded conditions are found to be sufficiently representative and widespread. It is considered that the Series place name to be adopted be decided upon according to conditions which are about the mean for an established new set of conditions rather than it be chosen when these conditions were first noted.

In the case of the highest categories of classification, namely, that of the Great Soil Groups, it has to be stressed that in the case of

tropical and sub-tropical soils in this part of Africa, very little is known about the Groups that exist, and of those so far recorded, many have not been well described and too much emphasis has usually been placed on soil colours. It is already known that more such Groups have to be allowed for. The working out of a systematic method of classifying soils within the different categories has, as yet, made little sound progress and there is need to accumulate a vast amount of descriptive and quantitative data for representative soil profiles found in different regions. There is also need to have an intermediate category of classification between the Soil Series and the Great Soil Groups.

Some inherent difficulties of soil classification lie in the very large amount of field and laboratory work that has to be undertaken, the necessarily limited experience of scattered individual soil workers, the difficulty of assessing the true genetic relationships of soils to each other and the further difficulty of sorting out collected information so as to draw up a system of classification that has the least amount of misfits. There is a danger that soil workers should attempt to fit in local soils about which there is a scarcity of quantitative data, with what they consider to be the most likely of a number of soils described elsewhere.

Soil survey work in Kenya Colony.

In Kenya, apart from the lack of certain essential soil data, certain natural phenomena make the work of soil survey more difficult. Much of the Colony is now proceeding through a cycle of geological erosion, such that soil formation often just keeps pace with weathering and, over large areas, there has been recent accelerated erosion, resulting in truncated soils. The latter range from shallow, skeletal soils to others with still a great depth of up to 30 to 40 feet of a fully weathered soil. In any system of soil classification, truncated soils and the reassorted products which obtain must be adequately accounted for. Furthermore, the « normal » soil processes are liable to be greatly modified by varying climatic, physiographic and biological factors interrupting the normal development and imposing different weathering processes. In Kenya, there has been uplift and peneplanation and alteration of recent pluvial and arid periods which must have greatly influenced the formation of many soil types. These influences probably explain many abnormal soils which occur, such as the presence of horizons of mixed secondary limestone and laterite and also fossil laterite in now arid regions.

It has not been possible to devote any time to a special pedological survey of soils and their distribution, but the opportunity has been taken to collect data on the morphology of soils while travelling about

the Colony and carrying out Land Utilisation Surveys during the past seventeen years.

Hardly any soil analyses of a non-agronomic value have been undertaken and the writer is fully conscious of the scarcity of mineralological and chemical data that are required for the sound classification of many soils. The suggested preliminary classifications and groupings of soils which have been made will have to be modified and perhaps drastically altered when such information, covering scores of soil types, has been obtained.

However, it was felt that it would be unwise to postpone indefinitely any attempt at a tentative preliminary soil classification, though the data available was based mainly on a knowledge of the nature of the parent material and mode of formation, the morphology of the soil profile, and some values relating to soil fertility. A great mass of information about Kenya soils has been gradually sorted out and a first attempt at a systematic system of classifying the soils has been made.

In these Land Use Surveys the unit of classification has been the Soil Series with special additional emphasis laid on present rainfall and its distribution, the natural vegetation carried, soil depth, structure and stability and base and nutrient strata. Thus, certain classified Soil Series have been grouped together or divided up according to their immediate agricultural value. Much of the field and laboratory work undertaken in connection with irrigation schemes, where drainage, the nature, amount, and distribution of any salts present within deep soil profiles have been studied, were of special value for the classification of such soil conditions. Detailed mapping has had to be done in connection with certain development schemes including irrigation projects, and not in selected, representative areas.

Since 1931, some seventy Soil Series have been classified, named, and described. A register is kept, showing the Soil Series that have been observed in each District and, again, the distribution of any one Soil Series (and Type, i.e., taking note of the field texture of the surface soil) in different districts. There are notes on topography, parent material, mode of formation, natural drainage, characteristic profile development, reaction values of the soil profile and some data on the soil nutrient status.

A description of thirty Soil Series then classified was submitted to the Conference of East African Soil Chemists held at Zanzibar in 1934.

A tentative systematic classification of some naturally occuring soils in Kenya Colony.

A very great number of Soil Series based mainly on different combinations of relative topography, parent material and its lithology,

mode of formation and the morphology of the soil profile are known to occur in Kenya. An attempt has been made to sort out and evolve some approximate system of classifying about a hundred different combinations of natural soil conditions which have been recorded and of which some seventy have been classified, described, and given Series names. Some of the named Soil Series cover too wide a range of conditions and, in fact, represent a higher category of classification than the Soil Series as usually defined. Many will have to be subdivided when an organised systematic soil survey, with physical and chemical analyses, is undertaken

The Soil Fasc.

It has been found necessary to have a higher category of classification than the Soil Series to group together associations, families, suites or fascs composed of similar Soil Series and to link these with companion units within the Great Soil Groups which have recognised soil characteristics that reflect the different active factors in soil formation. The adoption of such an intermediate unit of classification is especially necessary for the kind of soil survey that will have to be carried out in largely undeveloped regions of the Colony and will better enable soils found in one region to be classified with other, not dissimilar soils, found in the same, or in another Territory The wider unit retains the component Soil Series name which characterises soil conditions that are about mean for the higher category of classification It is suggested that the term « Fasc », cut down from the Latin word « Fascis » — a bundle — first proposed by G Milne in 1935, be adopted as this term conveys the parallel trend of the development of the component Soil Series

The basis of classification and the range of differing soil conditions that are permitted within a Fasc, as within a Series, necessarily varies according to the different main generic factors involved and the number of Soil Series within the higher unit also varies It is possible to follow the characteristics of many Soil Series upwards through successive categories of classification, whereas with other Soil Series no further grouping is feasible, at least without creating a higher category of only limited application. Soil classification thus proceeds from the finer categories upwards through progressively larger units which have certain common main properties relating to decreasing numbers of soil characteristics.

In the case of Zonal Soils and where the trend of soil development is known, the nature of the weathering processes is taken as the dominant soil factor in classification. Similarly, halomorphic soils are classified according to the nature of the salts present and the associated morphology of the soil profile. Also, many soils with characteristic profiles such as those resulting from long continued excessive

moisture can be grouped together according to developed common characteristics. However, a large portion of the land surface and certainly the greater number of Soil Series that occur in Kenya cannot be classified on the basis of characteristic weathering processes and well developed soil profiles. The more common soil conditions obtaining in Kenya result from a combination of several soil factors and thus, the classification of Soil Series into higher categories becomes difficult. For the grouping of Series into Fascs it is not feasible to adopt any one common soil-forming factor in all cases as a combination of soil factors exerts its influence in varying degrees. In such instances it becomes necessary to decide which one factor plays the dominant role in characterising groups of similar Soil Series. It is suggested that soils which do not reflect the influence of known soil-forming processes, be classified and grouped together according to what is judged to be the most dominant soil factor in each case. Thus, the dominant factor will vary with different groups of Soil Series. Variations in soil conditions that could be treated as soil « phases » are often dominant factors in characterising soils.

The Soil Catena.

A similar sequence of Soil Series (and types) which, though fundamentally different in genesis and morphology, often repeats itself due to similar conditions of micro relief and differential soil movement and drainage It is not practicable to map separately the component parts of the soil complexes Though one particular Soil Series within a complex is often more extensive, the use of the name of this major Soil Series to represent the whole involves the suppression of the other soils within the complex and this would bi misleading as the remaining soils are often fundamentally different in their genesis and morphology. It is suggested that the generic term « Catena », originally proposed by G. Milne in 1935, be adopted to describe and to map certain geographically associated soil complexes Without large scale mapping of the component parts, the sum total of remaining soil catenae covers a fair proportion of the land surface in Kenya They occur below escarpments and round isolated hills, from the tops of parallel ridges to swamps in the intervening depressions, in areas of slow soil reassortment on peneplains, across old lake beds and alluvial strips, and there is the usual pattern of different soil sequences resulting from differences in soil drainage and aeration. Each particular sequence of soil conditions is grouped together under a Catenary name. Many soil Catenae are made up of extreme differences in soil types and, in such cases, can readily be identified by the particular sequence of indigenous plant associations. In this connection it can be recorded that though the indigenous plant association, and to a lesser extent, the secondary vegetation, can be used as guides in delineating boundaries between established dissimilar soil

Series and Fascs, crop performance based mainly on soil fertility factors is of only a limited value and can be misleading.

The use of Soil Catena as a convenient method for grouping and mapping soils, where survey facilities or the small scale of mapping do not make it practicable for more detailed work, must not be abused to curtail detail survey work where this is possible or considered necessary as in highly developed farming districts. It would be possible to extend the use of Soil Catena to cover large areas where the same sequence of Soil Series obtains or even to have what may be termed « Grand Catenae » to denote the changing soil conditions from high country to sea level or from high rainfall to arid regions. However, the unnecessary use of Soil Catenae would reduce, rather than add to their usefulness in soil survey.

The Fasc represents a number of Soil Series with the same trend of weathering processes or those which are similarly influenced by the same dominant soil-forming factor. Thus, soil Fascs are parallel in their development and in their morphology but one Fasc differs sufficiently from other Fascs which are fellow members of the same Great Soil Group. The Catena, on the other hand, does not represent similar soils but a catenary complex or a similar sequence of different soil types which are geographically associated. The parent material may be lithologically similar or dissimilar.

Classification of particular soils.

It has not been possible to place all recorded Soil Series within their successive higher categories. In the case of the Zonal Pedalfers, there is not sufficient field and laboratory data and no attempt has been made to classify the soils according to known weathering processes. The soils range from fairly youthful, only slightly leached, chocolate-brown, sandy loams to loams, to leached yellowish-orange coloured sandy loams to clayloams, and they vary in depth from 2-ft. to 40-ft. and more. They have been formed from a wide range of parent materials; higher rainfall, usually in the past, compensating for less age and a lower original sesquioxide content. Drainage is good except for those that are senile and highly lateritic or ferrolitic. Ground water lateritic soils have been classed as Intrazonal. In the meantime it has been considered wiser to give only a « list » of Zonal Pedalfer soils with suggestions for their likely grouping into Soils Fascs according to known parent material, consistency, and general soil morphology only. Apart from ten sets of soil conditions which have been tentatively placed into four Soil Fascs, there are at least six other well defined Series derived from diffeient lithological materials under somewhat different conditions and with varying uppermost one to two feet of soil but which are similar in having orangered, red, or

brownish-red naturally well drained open-textured friable loam subsoils to a great depth.

The classification of truncated soils has required a special treatment. Those which have been subjected to recent accelerated erosion have been classified with either original Series and Fascs or else as Lithological or Skeletal Soils, according to their original morphology and the severity of erosion that has taken place. When there was an original greath depth of a fully weathered uniform soil such that a new surface soil could be built up by control measures, or as often happens under natural conditions, the truncated soil has been classified with the original Series with the qualification that it is described as having been subjected to so much recent erosion. This is only possible in the case of soils with no divisions into soil horizons and with a remaining great depth of weathered soil.

Natural soils which do not show signs of recent accelerated erosion have, in fact, been subjected to different degree of slow geological erosion and a Soil Series normally covers a limited range of such resultant conditions. On the other hand, where different soil horizons have been removed or mixed by local reassortment, or where the original depth of uniform soil was relatively shallow or left shallow by more severe erosion, the soil loses its original character and Series name. It has then to be classified either as a Lithological or Skeletal Soil according to the depth and nature of what remains. In general, if there are less than 3-ft. (or 1 metre) of originally weathered soil over weathering or unweathered parent material, the soil has been classified as a Lithosol. Where the remaining soil is not weathered but is largely made up of primary minerals from the parent rock, it has been classified as a Skeletal soil. There are instances, such as in the case of a naturally fairly shallow but uniform, fully weathered soil lying direct over rock, when a remaining depth of less than 3-ft. has been classified with the original Soil Series. Instances of truncated soils retaining their original Series name pertain almost entirely to originally very deep, leached Zonal soils, such as the Serengeti, Kikuyu and Kakamega Series.

In most other cases a relatively small amount of surface erosion results in a great difference in the morphology of the original soil profile. Certain alluvial soils in arid regions can be characterised as saline and alkaline soils and others can be grouped into Series and Fascs according to drainage, consistency and the general soil morphology. There are other alluvial soils which have started to develop according to the local formative influences but which cannot be classified by any acquired morphology. There are also several kinds of loose sands.

As the inclusion of descriptions of some sixty Soil Series and thirty-two Fascs which have been classified would make this Report too voluminous, there follows a summary of the system of classification adopted, giving only the number of Soil Series and Fascs placed within named Great Soil Groups. It will be noted that certain new Great Soil Groups have been suggested.

SERIES	FASC.	GREAT SOIL GROUP	SOIL ORDER
6	3	Arid Desert soils	Zonal pedocals
3	1	Semi-arid Desert soils	» »
3	2	Sub-tropical black earths	» »
2	1	De-graded sub-tropical black earths	Zonal pedalfers
10	4	Red earths, lateritic earths and laterites	» »
[illegible]	2	Solonchak soils	Intrazonal halomorphic soils
3	1	Solonetz soils	» »
2	1	Dark calcareous soils	Intrazonal calomorphic soils
1	1	White calcareous soils	» »
1	1	Organic soils	Intrazonal hydromorphic soils
2	2	Bog soils	» »
2	1	Meadow soil with glei formation	» »
2	1	Meadow soil without glei formation	» »
2	1	Groud water lateritic soils	» »
3	1	Planosols	» »
2	1	Shallow residual soils	Topographical soils
2	1	Greep soils	» »
3	1	Skeletal soils	Azonal soils
3	1	Lithosols	» »
6	5	Alluvial soils	» »

Certain suggestions for future soil survey work.

The above Notes give some account of the basis of the very small amount of soil survey work which has been done in Kenya in the past and make suggestions for soil classification and nomenclature. As already mentioned, no time has been devoted to a special pedological survey of soils and their distribution and the work which has been described is essentially a by-product of other field work. It is appreciated that the tentative classifications suggested will have to be modified when soil conditions are more fully understood.

It is maintained that, for many years to come, the main effort of soil surveyors will have to be the building up of a general pool of knowledge by studying the genesis, constitution, and the general distribution of main characteristic soils that obtain in the different territoiries so that a scientific system of classifying soil can be progressively established and expanded to cover more naturally occurring soils. Selected representative regions would be studied in detail and the different soil conditions described with precision in a systematic manner and sorted out into a number of approximate soil classes. From time to time, as more data is collected and local experience gained, there will be need to reshuffle some of the original classifications to give what is considered to be a better approximation. It is held that it would be inadvisable to attempt the accurate delineation of different sets of soil conditions so as to produce a general soil map from the start of soil survey work, but that the actual laborious mapping be delayed until more field and laboratory data from a wider field have been collected and sorted out to give a more worth while system of classification. This is especially the case in Kenya as detailed soil mapping could be more correct and rapid when it can be done on more trustworthy base maps and frequently guided by the forthcoming geological maps which it is hoped will also show surface geology. Over very large areas the provision of aerial photographs with ground control would greatly speed up the eventual mapping of the soil types which have been decided upon.

There would, of course, have to be a certain amount of accurate and detailed field mapping in representative regions even before the final system of classification is decided upon as it is necessary to develop systems in the field and also to train recruits in the technique of field survey and mapping.

The value of even detailed descriptive notes only with an account of the distribution of the main soil types in the, as yet, unmapped regions can be enhanced if the records are accompanied by a rough soil map. Therefore, quite apart from accurate organised mapping of limited areas, it is also advisable to show on territorial small scale maps the approximate boundaries of the main soil types in regions which have been surveyed or where soil conditions have been noted while carrying out other kinds of field work. Soil boundaries which can be readily observed should be indicated on the map when collecting information about the soil types present and their distribution. The gradual building up of such a rough soil map as a knowledge of the kinds of soil types present and their distribution accumulates enables individual workers to pass on to their contemporaries and those that follow a good deal of useful information which would otherwise be lost. This kind of rough soil mapping serves as a useful guide only in agricultural development until such time as properly organised soil mapping can be undertaken.

There is need that future soil survey be carried out under some proper central authority which could ensure continuity and that the work be properly organised with adequate trained staff and facilities for extended field work. Soil survey work in Africa will need a different organisation from that in use in developed countries. Apart from survey work in the more settled areas, there will be need for properly organised and adequately equipped self-contained, mobile units that can remain in the « field » for many weeks. There is need that descriptive notes on soils, prepared in a systematic manner, and also representative soil monoliths be periodically submitted to the central authority so as to aid pedological comparison and uniform soil classification.

It is desirable that, as far as possible, all necessary field observations and the collection of samples be done at the same time so that there will be no need to cover the same region a second time. On the other hand, team work involving two or more specialised officers with different objectives, such as pedological survey, the degree and extent of soil erosion and land use survey and ecological survey, has the drawback in that the amount of observations that have to be made in particular areas will often vary and thus the pace of the survey unit as a whole is slowed down. This can partly be overcome by the provision of an extra vehicle for the use of individual officers in areas requiring special attention. Furthermore, even without such team work there are good reasons that soil surveyors should not confine their attention to pedological soil survey work but that the same trained individuals should, at the same time, undertake other, more urgent field work such as soil erosion and land use surveys. Many characteristics noted in the classification of natural soil types are important factors in the other forms of survey work and all forms of survey can conveniently be done at the same time.

There should be arrangements for the routine laboratory examination and analyses of particular kinds of soils, and it is also essential that scattered soil surveyors have the opportunity of meeting at intervals to correlate their findings so that they are better able to develop a common system of soil classification.

What can be done to facilitate the Classification of African Soils?

by

Robert L. PENDLETON
Special Fellow for the Study of Tropical Soils and Land Use. appointed by the Belgian American Educational Foundation, with the support of the Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale.
Professor of Tropical Soils and Agriculture, Department of Geography, The Johns Hopkins University, Baltimore 18, Maryland, U.S.A.

In June of this year a number of topics of peculiar significance for the members of this African Conference on Soils, and particularly for those in Section 1, General and Regional Soil Survey, were presented and discussed at some length at the Commonwealth Conference on Tropical and Subtropical Soils, held at Rothamsted, Harpenden, England. It is, indeed, unfortunate that the Proceedings of that Conference, with the constructive and far-reaching recommendations of its Committees on Soil Classification, and on Soil Fertility Problems, are not yet available for reference by those attending this conference at Goma.

Soil mapping an important aid in soil classification.

Marbut's soil map of Africa undoubtedly stimulated other pedologists to do actual field work on the soils of this continent and thus had a value. On the other hand, like too much of the work published on the soils of equatorial and tropical regions as a whole, it was done by one who had not had the good fortune to study African soils in the field. By contrast, Milne's map of the soils of East Africa marked an important advance in the understanding of African soils, as well as introducing an important new concept in soil mapping. But Milne's untimely death took from our midst one of the outstanding pedologists in this part of the world. What a force he would have been at this Conference, had he been spared to us ! Nevertheless, his influence in equatorial pedology will long be felt.

The *classification of soils*, both for pragmatic agronomic purposes, as for possibly philosophic pedology, *can only be done effectively by*

making soil surveys which must include making the soil maps in the field. Unless one has had experience in soil mapping in the field, it is hard to realize how important actual mapping in the field really is toward understanding the soils of an area. As Brink unconsciously demonstrated in Java many years ago, sampling soils in the field according to a regular pattern, studying the samples in the laboratory, and the subsequent plotting of a soil map in the drafting room from the data obtained from those samples gives a result far less satisfactory than the field mapping of the soils on the basis of the criteria which can be applied in the field. Of course, comparison of the soils by appropriate laboratory methods must also be made, in order to measure the possible similarities or differences as to fertility norms and the presence or absence of deleterious substances in the different soil types mapped. An important difference between the two methods of attack is this : by the field method laboratory work supplements the field mapping, the sampling is done according to the soil types mapped, so that the samples represent soil bodies; with the laboratory method as the basis, sampling is done at more or less regular intervals In this case a considerable number of the samples will be in transition zones, or from atypical spots.

Therefore, the most important single thing which needs to be done to facilitate the classification of African soils is to do as much soil mapping as accurately and as soon as possible. One should not be alarmed by the enormous task of mapping all the possibly useful soils on the continent, nor by the difficulties of transport, for it is not essential to map carefully large unit areas. On the contrary appropriately selected relatively small areas in as many climatic, topographic, geologic, and agricultural regions as possible should be studied. These « sample » areas may be relatively compact, or in long irregular strips which, in the lowlands might best be laid out more or less perpendicular to the river banks. After the soil maps have been made in the field, appropriate laboratory determinations should be carried out upon samples representing the more important soil types. In addition, for their pedological interest, certain other chemical, physical, and perhaps biological comparisons will be of interest and value in relation to crop production, pasture value, erosiveness, etc

Soil Classification Should be Based on Observed Differences, Not Upon « Great Soil Group » Names : But, it may be said, in certain of the countries in Africa we have no trained soil surveyors or pedologists, and in the best supplied, all too few : How can soil surveys be made ? Or, again it may be said, our local soil surveyors do not know, for example what « regur » or « latasols » or « tropical chernozerms » are really like. How can our staff correctly map our soils and have them fit into the frequently mentioned « great soil groups » or other well-known groups mentioned in the literature ? More than once, those responsible for soil surveys in equatorial regions of the

western hemisphere have intimated that unless the « great soil groups » which are so often used in North American literature on pedology are recognised in their own surveys, and unless the soils of these countries as mapped are fitted into the « great soil group » pattern and philosophy which has been set out in temperate zones by temperate zone pedologists, the soil surveys, even in their very different tropical and equatorial regions, cannot be considered « scientific ». Thus it has happened more than once that soil surveys of tropical and equatorial regions have been made in which most of the « great soil group » names have been the inappropriate pigeon holes into which have been forced important local groups of soils, actually belonging to quite different and probably as yet unrecognised and undescribed great soil groups. While « classification » and mapping of soils in this way may give a certain « scientific » and pedological flavor to soil maps and reports, it certainly does more harm than good. It cannot help but retard rather than advance the scientific knowledge of the soils of the regions mapped and « classified ». Actually, of course, any logical and useful classification of natural objects, whether they be plants, animals, minerals and rocks, or soils must proceed from the simpler, smaller specific units to the genera or broader groups, and these must, in turn be grouped into families and finally into the very few highest and broadest categories.

However, the main purpose of a soil survey is not to be « scientific » by such criteria as the employment of the « great soil group » names. Rather, a soil survey should follow a classification which will group the soils into locally significant categories as to their crop producing capacity, utility for forest in place of cultivated crops, behavior under highway or airport development, etc. It is important to know the local natural vegetation or crop adaptation uses of the principal soils of a locality. It is also important, for example, to know whether or not a soil type has hardpan, and how deep and how thick it is, or whether or not the soil contains excessive amounts of salts, or is inadequately drained, or two well drained because of a gravel stratum not far below the surface, but unsuspected, etc.

Qualifications for soil surveyors : Almost any intelligent person who can read a map easily and correctly, and who is normally endowed with the five senses can, with training in the use of a soil auger, and in estimating texture by the thumb and finger method, in noting color and/or textural differences in the horizons below the surface, make a useful soil map. Because of the personal equation inevitable in art of soil mapping, more satisfactory results will be obtained by soil surveyors working in pairs. Such a party, provided with appropriate transportation, but necessarily doing much of the actual field work on foot, can separate significantly different soils of an area and plot them on an appropriate base map.

Particularly because in many, if not most regions where soil surveys are made there are inadequate data available on the surface geology, hydrology, meteorology, flora and fauna, a soil surveyor can often benefit materially from field studies by specialists in those sciences, however, because of different manners and rates of working in the field, it is not often that a field party composed of a number of scientists in addition to pedologists can profitably work and travel together in the field for extended periods.

If, unfortunately, there is no suitable base map nor satisfactory aerial photographs available, a base map will have to be made of the area of which the soils are to be mapped. Making a base map with plane table or traverse board requires some little practice, but for small areas is usually appropriate.

In addition to the numerous detailed soil surveys of limited areas which should be made for the purposes of the classification of the soils of important regions, reconnaissance soil surveys should be made of broad regions. Aerial photography can contribute not only the mosaics from which the base maps can be constructed, but some relationships as to soils and vegetation. Unfortunately, however, the great diversity of forest vegetation in humid equatorial regions, and the extensive alteration of the flora by man, wherein artificial savana (known as « parang » or « cogonal » in the Philippines) replaces tropical high forest, make interpretation of soil conditions from aerial observation or photographs almost impossible in most cases.

Of course, the more training and experience the soil surveyor and mapper has had, and the wider and deeper his scientific training has been, the better and more useful his soil maps can be. But it is not essential to have a pedologist for the making of soil maps that are worth while. To keep a really capable and well trained man happy in soil mapping, however, he should be given a chance to grow scientifically, He will not likely be content to serve many years merely as a gatherer of facts and plotter of soil boundaries, leaving the field only long enough to write up more or less routine and in many ways unoriginal reports to accompany the maps, only to find that there is a lag of perhaps many years before reports and maps are published. Rather, the soil surveyors should be encouraged to become real scientists. One of the newest temperate zone soil survey organizations plans to have its soil surveyors work at soil mapping not over half of each year, the other half they are to be in headquarters where, in addition to preparing maps and reports for publication, they will undertake some particular pedological problem which interests them and for which they are professionally qualified, and which is part of the general program of the soil survey. Thus one may do work on the chemical characteristics of clays, another on the exchangeable bases. Necessarily these men will not become as proficient in the laboratory routine as the regular technical laboratory assistants who work at such

problems full time. On the other hand, there can be an appropriate integration of the work in the laboratory with that in the field, from which each should benefit.

Correlation of Soils of Different Regions : There are of course other and equally difficult problems in a regional soil survey. For example, the correlation of the types of soils in a number of scattered soil surveys of a region or an entire country is by no means easy. This is because soil types are not distinct entities; rather, they grade one into the other. The « typical » soil type is often very difficult to find in nature—there is almost always some divergence, in one way or another, from the ideal type soil type which the soil surveyor or his organization has set up. If there is any question as to whether or not two apparently similar bodies of soil, in different areas, should really be given the same name, it is often better to keep the different bodies separate until one is certain, for it is always possible later, in the drafting room, to combine separate but like bodies of soil. On the other hand, if really different types are not mapped separately in the field, the chances than any subsequent drafting room separation will be correct are extremely small. In any case, the soil descriptions prepared by the field men should clearly indicate similarities, as well as what are believed to be divergencies between only slightly different soil types. Since one of the important values of soil surveys is to indicate the same soil types in different regions, so that crop adaptation data, fertilizer practices, and other findings of the agricultural experiment stations or soil mechanics data relative to highway construction and maintenance, for example, can be applied as widely as possible with a certainty that they will be appropriate, it is important that the soils mapped in different areas be correlated as closely and correctly as possible, and that the relationships between different soils be indicated clearly.

The publication of soil maps and reports should be accomplished as soon as possible, even at the expense of a certain amount of finish. This is one reason why local colonial or other governments on this continent should endeavor to publish their own maps and reports If care is used to indicate in black on each soil body and on the legend some appropriate symbol, usually some letters or figures (and this should *always* be done on *every soil survey map and legend*, no matter how excellent the color separations, and irrespective of other considerations) there is less need of having a high degree of excellence in the lithography.

Exchange of monoliths and Soil Descriptions : Since the descriptive terminology of pedology and related disciplines has not yet been satisfactorily standardized, too often we do not know what pedologists of neighboring regions or countries are really seeing and endeavoring to describe and map. The collection and exchange between different

countries and/or colonies of soil monoliths of all the important soil types would do more than any other one thing to develop a useful and pedologically correct correlation of the soils in the different countries by their respective soil survey organizations. While some of the newer methods of collecting and preserving « monoliths », such as the use of cellulose acetate-type cements, are a vast improvement over earlier methods, nevertheless, they still require a considerable amount of « doing » : considerable time, effort, and skill, as well as extra materials and equipment

Importance of International Conferences : Of great importance in understanding the soils of the continent as a whole, are meetings such as this of pedologists, particularly together with other soil scientists and land use specialists, taking place *within* an important region being studied, a region for which it is necessary to classify the soils. Gatherings such as this are especially valuable in the absence of well developed soil surveys and the supporting soil monoliths and mutually intelligible and precise soil profile descriptions. Even if those extremely important specimens and data were immediately available, I am certain that we should still find the informal discussions of soil profiles in the field of the utmost value for the furtherance of the full understanding of the soils, as well as of real personal interest. This is especially the case when the pits or other exposures of soil profiles are so situated that many can gather around them and discuss their characteristics, and particularly the interesting or unusual features of the profiles. Thus most effectively can we arrive at an understanding of what the other pedologists really mean. For the pedologist, nothing can take the place of such discussions.

To briefly summarize : soil mapping in the field is the most important single step in understanding the soils of a region. Appropriate laboratory comparisons are needed to supplement and clarify soil relationships and utilization. Soil surveying and mapping can be done by a staff with widely varying training and experience, to the best results are obtained by employing highly trained pedologists who are spending a part of each year in the library and laboratory in scientific research. Correlation of the soil types and broader groups discovered in the detailed surveys will gradually follow, and be facilitated by reconnaissance surveys of broad regions. International conferences will materially aid in the correlation of the soil groups recognised in different countries; gradually will be evolved appropriate broad soil groups. In the meantime, attempts to classify the soils into the « great soil groups » should be avoided. Each of these steps alone, is useful, but all of them together cannot fail to lead to a satisfactory classification of African soils.

Léopoldville, Congo Belge. 5 oct. 48.

Standardisation des méthodes d'Analyse et de Prospection des Sols

par
J. DE JAEGHER,
Ingénieur Agronome,
Chargé des travaux pédologiques de la Compagnie du Congo
pour le Commerce et l'Industrie (C. C. C. I.)

Malgré les très nombreux problèmes qui doivent encore être résolus en matière de pédologie tropicale, cette science, ou mieux, cet art, n'en est pas moins arrivé à un stade lui permettant de fournir une aide substantielle à l'agriculture.

Il lui reste, cependant, l'essentiel à faire et nous citerons en première place le problème du choix et de la vocation agricole des terres. Le praticien s'aperçoit chaque jour davantage de l'importance de ce problème. Il se rend compte que la sélection du matériel semencier n'est pas une panacée, que les graines sélectionnées et une technique culturale poussée ne porteront leurs fruits que si le potentiel du sol le permet. Aussi est-il à prévoir que d'ici peu d'années, on n'imaginera plus d'entreprendre une exploitation de quelque importance sans une étude préalable du terrain sur une base scientifique Il est du devoir des spécialistes et organismes d'étude d'examiner dès maintenant s'ils sont scientifiquement et matériellement armés pour faire face à la tâche que l'agriculture coloniale exigera d'eux et par quelles méthodes ils y parviendront

Deux méthodes principales peuvent être envisagées La première serait calquée sur celle d'Europe et des U S. A. notamment, où des organismes de recherches subventionnés par l'Etat procèdent à l'établissement de cartes pédologiques complètes du pays. Le praticien, en consultant celles-ci, y trouverait les principaux caractères du sol de la région qu'il cultive ou compte cultiver.

Une telle organisation semble la plus rationnelle dans les territoires africains toujours si vastes.

Elle aurait, en effet, l'avantage de pouvoir se pratiquer systématiquement, région par région, ce qui entraînerait une économie de temps et de déplacement.

Mais des objections sérieuses s'opposent à l'exécution d'un tel programme.

1) Les bases d'appréciation des sols ainsi que les réactions des plantes cultivées vis-à-vis des propriétés du sol sont trop peu connues. On risquerait de commettre des erreurs dans le classement des sols, erreurs qui obligeraient à recommencer plus tard ces travaux sur des bases nouvelles.

2) L'établissement d'une carte pédologique constituerait un travail si important qu'il risquerait de distraire une trop grande partie de l'activité des organismes d'études agronomiques de la recherche pure.

3) Le travail serait de très longue durée et manquerait de souplesse et d'adaptation aux contingences économiques. Certaines régions intéressantes devraient être négligées pendant de nombreuses années, au profit de régions dont la mise en exploitation n'offre pas d'intérêt immédiat.

Aussi pensons-nous que les organismes de recherche pédologique officiels devraient limiter provisoirement leur objectif à l'amélioration et à la mise au point des méthodes d'investigation.

Cela constitue déjà une tâche considérable.

Pour le Congo Belge, des études en vue de l'établissement des échelles de fertilité et la détermination des vocations agricoles sont en cours à l'INEAC. Il y aurait lieu d'amplifier ces recherches et de les orienter plus spécialement vers trois objectifs, à savoir :

1) L'identification de tous les facteurs de fertilité réellement importants pour l'appréciation des sols; leur classement par ordre d'importance pour chaque type de climat et pour chaque type de culture.

2) L'étude d'un grand nombre de cultures existantes, bien conduites et établies avec du matériel semencier génétiquement connu, dans le but d'établir des échelles de rendement.

3) Muni de ces bases d'appréciation des sols, il restera à envisager l'utilisation pratique de ces données pour les prospections.

Nous nous proposons d'esquisser quelques suggestions qui se sont dégagées de travaux pratiques de prospection au Congo et qui concernent plus particulièrement le premier et le dernier de ces trois points.

1. Etude des facteurs de fertilité.

COMPOSITION MINERALOGIQUE

L'étude de l'origine minérale des sols basée sur l'identification des roches sous-jacentes ou sur l'examen minéralogique de la portion sableuse est susceptible de fournir, dans de nombreux cas, des renseignements précieux sur la fertilité. Mais quelle est l'importance exacte qu'il faut attacher à ces conclusions ? Jusqu'à quel point les minéraux de départ sont-ils déterminants sur les propriétés du sol et quelles sont les autres déterminations physiques et chimiques qui restent indispensables comme complément à l'examen minéralogique ?

TEXTURE DU SOL.

Même en ce qui concerne le facteur si important de la texture du sol, les données sont encore imprécises quant aux exigences des principales cultures.

Il y aurait lieu de chercher à déterminer avec précision la corrélation existant entre la productivité des plantes cultivées et la texture.

Il va sans dire que la grosse difficulté, pour de telles études, réside dans l'interprétation des résultats d'observations et l'élimination des variations dues aux autres facteurs de croissance. Nous sommes cependant convaincus que ce travail est réalisable.

Il faudrait également s'efforcer d'étudier l'interréaction de la texture et de la structure pour les différentes espèces. Il nous est apparu que pour le palmier Elaeis, par exemple, l'optimum de teneur en colloïdes s'abaisse lorsque la compacité du sol augmente. Pour les caféiers, par contre, cette interdépendance est moins marquée et, en tout cas, ne joue que dans les couches supérieures. Ces constatations n'étonneront personne si l'on considère la nature de l'enracinement des caféiers et des palmiers. Mais il est essentiel pour le prospecteur de posséder des données chiffrées et précises sur l'importance de cette interdépendance et sur la profondeur jusqu'à laquelle elle doit retenir son attention.

Il ne faut pas s'intéresser exclusivement à la quantité d'argile présente, mais également à la qualité de celle-ci. Des recherches sur l'état colloïdal de l'argile sont en cours; elles semblent devoir fournir des indications utiles sur la fertilité et expliquer des phénomènes qui, jusqu'à ce jour, constituent une énigme.

Des études sur les constituants des argiles et surtout sur leur richesse respective, de pair avec des méthodes simples d'identification, permettraient peut-être de faire progresser fortement la rapidité des diagnostics pédologiques.

DETERMINATION PHYSIQUE.

Les méthodes utilisées dans la détermination de la porosité du sol et du régime de l'eau sont fort nombreuses. Des observations devraient être conduites aux fins d'établir quelles sont les méthodes qui, d'une façon générale, s'avèrent les plus significatives et cela pour les diverses régions climatiques.

DETERMINATION CHIMIQUE.

Pour les méthodes chimiques, il y aurait un double point de vue à étudier :

1) L'importance qu'il y a lieu d'attacher aux résultats des déterminations chimiques dans l'appréciation générale des sols.

2) La mise au point des méthodes.

Dans l'état actuel des connaissances, les analyses chimiques ne permettent pas, à elles seules, d'apprécier la fertilité du sol, elles servent plutôt à vérifier si des sols intéressants par leurs propriétés physiques, possèdent ou non un potentiel chimique satisfaisant.

Si, en Belgique, des diagnostics peuvent être émis sur simple analyse d'échantillon, c'est que la morphologie des sols des différentes régions est bien connue et permet d'interpréter les analyses.

En Afrique, où l'on se trouve encore certainement devant des types nouveaux de sols, ces diagnostics, uniquement basés sur l'analyse, sont encore extrêmement hasardeux.

Le coefficient d'exactitude augmente cependant rapidement au fur et à mesure que la documentation sur la morphologie se complète

Pour l'amélioration des méthodes d'analyse chimique, nous nous demandons, devant certaines discordances entre la fertilité décelée à l'analyse et les rendements correspondants, s'il n'y aurait pas lieu de revoir la question de la concentration des réactifs servant à l'extraction des corps biogènes à doser. En particulier, il nous semblerait utile d'adapter les méthodes à chaque région climatique

DOSAGE DE L'HUMUS.

La question du dosage de l'humus est loin d'être résolue pour les régions tempérées. Etant donné que la nature de l'humus tropical ne se distingue probablement pas de l'humus de nos régions, il serait peut-être préférable de ne pas poursuivre d'études spéciales en Afrique pour le moment.

2. Application aux prospections.

Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, parallèlement à la mise au point des méthodes de détermination en laboratoire, il y aurait lieu d'examiner leur application au travail de prospection. On arriverait ainsi à établir un programme-type d'investigations indispensables pour le choix des terres de culture. Si ces méthodes se trouvaient être bien mises au point, tous les prospecteurs seraient amenés à les suivre et l'on assisterait à une standardisation permettant de tirer des conclusions générales de l'ensemble des travaux particuliers des praticiens.

ORGANISATION GENERALE DU LABORATOIRE
DE PROSPECTION.

La pratique nous a montré qu'il est extrêmement malaisé pour le prospecteur de faire analyser ses échantillons de terre par un laboratoire éloigné de l'endroit de ses travaux. A tout moment se posent des cas douteux où la morphologie des profils ne lui permet pas de décider s'il y a lieu ou non de poursuivre sa prospection dans l'une ou l'autre direction. Il faut que, dans ces cas, il puisse, en l'espace de quelques jours, soit procéder lui-même à des analyses, soit confier les

échantillons à un chimiste qui lui fasse connaître rapidement les résultats enregistrés. Il semble donc indispensable de créer des laboratoires ambulants. Nous avons essayé d'établir des laboratoires tout à fait mobiles, nous suivant partout lors de chaque prospection. Ce système s'est révélé fort incommode car, nonobstant la simplification de nombreuses manipulations, celles-ci sont encore trop compliquées et nécessitent un matériel trop encombrant. Si les bases d'appréciation des sols étaient mieux établies, il serait peut-être possible de simplifier davantage le matériel nécessaire à l'examen des sols et d'en arriver à un équipement pouvant suivre le prospecteur partout. Ce serait là la solution idéale vers laquelle doivent tendre les efforts des chercheurs.

ORIGINE MINERALOGIQUE DES SOLS.

Dans cet ordre d'idées, l'étude minéralogique des sols est susceptible de rendre de grands services au prospecteur. Nécessitant un matériel réduit, elle semble devoir fournir une gamme importante de renseignements dans de nombreux cas.

Malheureusement, tous les examens microscopiques que nous avons effectués sur des sols de la cuvette centrale ne nous ont permis de déceler que du quartz dans la fraction sableuse.

Nous ne disposions, il est vrai, que d'un équipement inadéquat et de peu d'expérience en la matière.

Quoi qu'il en soit, nous n'avons trouvé nulle part de confirmation ou d'infirmation de cette observation

Les observations ont-elles été mal conduites, ou faut-il conclure que l'altération profonde due aux facteurs climatiques a provoqué la désagrégation des autres minéraux ?

Cette méthode garde cependant tout son intérêt dans les sols plus juvéniles.

TEXTURE.

Pour les déterminations de la texture nous avons été amenés à ne plus faire de distinction entre le « sable » très fin et le limon de l'échelle d'Atterberg (méthode internationale). Nous avions, en effet, remarqué que par la méthode de séparation par sédimentation en solution ammoniacale (1), les sols de la Cuvette et du Kwango ne contiennent pratiquement plus, après plusieurs siphonages, de fraction restant en suspension plus de 6 minutes.

Aussi avons-nous modifié cette méthode en réduisant de 7 heures 1/2-8 heures à 5 minutes le temps de dépôt avant siphonage Nous avons ainsi introduit des erreurs qui ne semblent pas dépasser 2 %. Il serait intéressant d'établir les coefficients d'erreur pour cette simplification ou pour toute autre simplification du même ordre et de

(1) Méthode d'Atterberg modifiée par J. Lievens ; cf. « L'Etude du Sol et sa nécessité au Congo Belge ».

vérifier si les observations sur lesquelles elle se base restent vraies dans tous les sols centre-africains.

POROSITE — REGIME DE L'EAU.

Nous n'avons pratiqué que la méthode King-Hilgard. Celle-ci nécessite généralement de nombreuses pesées avant d'atteindre le point de saturation en eau capillaire. Si cette méthode devait maintenir son intérêt, il serait utile d'étudier la courbe de saturation de différents types de sol, de façon à en déduire le temps nécessaire pour être assuré d'une saturation satisfaisante.

ANALYSES CHIMIQUES.

Humus. Pour les prospections ordinaires en sol forestier, nous avons abandonné le dosage de l'humus. Les résultats que nous obtenions étaient, en effet, très uniformes et il nous a semblé que l'abatage de la forêt suivi de la mise en culture entraînait un tel bouleversement dans l'économie organique du sol, que les minimes différences constatées en sont certainement modifiées.

Nous n'avons pu déceler d'appauvrissement marqué en humus que dans les jachères récentes. Mais dans ce cas, l'observation de la végétation remplace utilement l'analyse en laboratoire.

Nous ne nous sommes pas attaché au problème de l'Azote lors des prospections en sol forestier de la Cuvette centrale. Il nous a paru, en effet, que d'après les travaux de Beirnaert sur le rapport C/N, la teneur en Azote du sol se trouvait en équilibre avec le milieu écologique qui, en l'occurrence, ne varie que dans de faibles proportions.

Il nous semble utile, dans l'intérêt des prospecteurs, de voir confirmer ce point de vue par des études approfondies.

BASES ECHANGEABLES.

Pour cette détermination nous avons également introduit une légère modification dans la méthode préconisée par J. Lievens.

Dans le but de réduire le matériel et le temps nécessaires, nous avons remplacé la filtration des solutions d'acide, avant la titration, par un repos de 15 minutes. Après dépôt, nous prélevons prudemment, par décantation, 50 cc. du liquide surnageant. Nous avons ainsi introduit des erreurs ne dépassant pas 0,1 milliéquivalent et dues sans doute au pouvoir tampon de l'infime partie de colloïde imparfaitement déposée.

*

Ces quelques suggestions sont loin de constituer une base suffisante pour la standardisation des méthodes. Comme praticien, nous avons cependant cru utile de les signaler, dans le but d'indiquer dans quel sens les chercheurs pourraient orienter la simplification des méthodes d'analyse pour les rendre d'une utilisation plus aisée dans les conditions particulières du prospecteur.

Potassium and Phosphorus in Soils of Angola (1)

par

L. A. VALENTE de ALMEIDA,
Professor Catedratico de Quimica Agricola
Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

SUMMARY

Some red, orange and yellow soils of Angola were studied in regards to their potassium and phosphorus content.

In each of these soils, profiles were chosen as were considered the most representative and the total, soluble (in 10 % HCl), and available (soluble in citric acid) phosphoric acid were evaluated. Total, soluble (in 10 % HCl) and exchangeable potassium were also determined.

The data obtained as to the vertical distribution of these elements in the profiles have been studied and discussed with regards to the relationship between the conditions of weathering to which each of these soils are subjected and their content of available potassium and phosphorus.

The problem will also be considered in the relationship between organic matter and vegetation types.

RESUME

La présente étude se rapporte aux sols rouges, jaunes et orangés de l'Angola. Dans chacun de ces sols, on a choisi les profils qui ont été considérés comme les plus représentatifs et on y a déterminé l'acide phosphorique assimilable (soluble dans l'acide citrique). Quant à la potasse, on a également déterminé la potasse totale, la potasse soluble dans HCl à 10 % et la potasse permutable.

Les résultats obtenus permettent d'étudier, le long des profils examinés, les variations quantitatives des éléments susdits, et d'établir une discussion entre les conditions spéciales de météorisation, auxquelles ces sols sont soumis et leur teneur en phosphore et en potasse assimilables par les plantes.

D'autre part, on abordera le problème dans ses relations spéciales avec la matière organique et le genre de végétation.

(1) L'original de cette communication n'ayant pas été remis en temps utile, nous ne publions ici que le résumé de ce travail.

I[re] SECTION.

GROUPE II.

Propriétés, classification et cartographie régionale

Properties, regional Classification and Mapping

—

Liste des communications

Etude des Sols des Territoires français d'outre-mer

par l'Office
de la Recherche Scientifique Coloniale

L'étude des sols des régions tropicales est reconnue nécessaire par tous. Elle doit fournir des bases permettant à l'homme de s'affranchir d'un empirisme coûteux, aux résultats assez précaires et parfois désastreux. C'est pourquoi, dans les Territoires français d'outre-mer, cette étude a été l'une des premières préoccupations de l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale, dès sa création.

Œuvre considérable, pour l'accomplissement de laquelle il fallait d'abord un nombre suffisant de chercheurs qualifiés. L'Office a donc organisé un enseignement spécial dont la première année procure aux stagiaires toutes les connaissances théoriques, scientifiques et techniques qu'ils peuvent acquérir dans la Métropole.

La seconde année s'effectue en région tropicale; là, sous la conduite de leurs maîtres de Paris, les stagiaires appliquent les connaissances qu'ils ont déjà acquises dans le milieu même où ils auront à poursuivre leur carrière et pour les tâches qu'ils seront chargés de mener à bien.

Ces tâches se répartissent en deux groupes : d'abord la reconnaissance des sols existant sur un territoire, de leurs caractéristiques, du sens et du degré de leur évolution. Le résultat est l'établissement de cartes pédologiques, sur la foi desquelles les gouvernements peuvent établir un plan d'action pour la conservation des sols et un plan rationnel d'exploitation des productions vivantes des terres suivant leur vocation.

Donc œuvre d'intérêt général au premier chef, base d'une organisation judicieuse de la vie économique pour des régions qui sont depuis peu ouvertes à la vie moderne et qui sont obligées de s'y adapter; vue d'ensemble précieuse qui s'applique à de vastes étendues et qui atteindra sa pleine efficacité avec le temps, quand il aura été possible de soumettre ses différents secteurs territoriaux aux études du second groupe.

Ensuite une étude approfondie de régions beaucoup moins étendues et bien définies, dans lesquelles se présentent actuellement

des problèmes de grande importance pratique exigeant une solution urgente.

L'étude plus poussée sur le terrain se double alors d'analyses en laboratoire des échantillons de terre prélevés. Ces études, qui peuvent aller de la propriété privée (par ex. domaine d'une station expérimentale) à une région géographique homogène de quelques milliers de kilomètres carrés, conservent évidemment une valeur d'intérêt général.

Dans le dessein de poursuivre ce double but, dès 1946, deux équipes ont été formées, l'une en A. O. F., sous la direction de M. Aubert, l'autre à Madagascar, sous celle de M. Henin, puis de M. Chaminade; en sorte que le travail en milieu tropical, tout en satisfaisant au but d'enseignement, l'a dépassé, amenant des résultats que leur intérêt permet d'utiliser, des développements à des fins scientifiques ou techniques.

Depuis la fin de 1946, chaque année de nouveaux chercheurs sont formés qui, leur stage terminé, grossissent le groupe déjà en fonctions.

En Afrique Occidentale Française, une carte pédologique provisoire du Sénégal au 1/1.000.000e a été dressée. Diverses régions ont été prospectées, surtout celles pour lesquelles cette prospection présente une utilité économique et en s'attachant spécialement à l'étude de la fertilité.

On peut citer notamment l'étude des sols bruns et châtains du Sénégal; celle des sols de la zone subaride au nord de ce territoire; celle des sols de la basse vallée du Sénégal (région de Richard Toll), en vue de la culture irriguée du riz; celle des sols du Sénégal pour la culture de l'arachide; celle des sols des vallées du Niger en Haute-Guinée et des affluents qu'il reçoit, pour la culture irriguée du riz; au Soudan, celle des sols du Macina et de la région de San pour la culture irriguée du riz et des alluvions du Nord du delta central du Niger pour la culture irriguée du cotonnier; l'étude agro-pédologique de la basse vallée et du delta de l'Ouémé, au Dahomey, qui a amené à déterminer les zones où le palmier à huile peut être cultivé; l'étude analogue en Basse Côte d'Ivoire pour délimiter les zones où le cacaoyer donnerait de bons résultats. A ces travaux s'est ajoutée l'étude complète des sols des stations de recherches : sur le palmier à huile à Lamé (Côte d'Ivoire) (I. R. H. O.); sur le bananier, l'ananas et les agrumes, à Kindia (Guinée Française) (I. F. A. C.); sur le cacaoyer, à Abengourou (Côte d'Ivoire — Serv. de l'Agriculture et des Domaines); pour la culture du sisal, en Casamance; de l'ananas, en Basse Guinée et en Basse Côte d'Ivoire.

Ces études se sont accompagnées d'observations sur des phénomènes d'érosion et de dégradation de sols au Sénégal et au Soudan et sur les moyens de lutte efficaces.

A Madagascar, les principaux types de sols ont été reconnus, amenant une première classification dont la valeur pédologique se double d'une importance agricole certaine une fois ses rétsultats rattachés, comme cela a été fait, aux conditions des climats locaux (sols latéritiques, sols d'alluvions récentes; sols volcaniques).

Un groupe de chercheurs a, en outre, prospecté de façon poussée le Bas Mandrare dont la carte pédologique au 1/80.000ᵉ a été établie. Une prospection analogue a été faite pour les alentours du lac Alaotra, sols provenant en grande partie du retrait des eaux lacustres. Quand sera terminée l'étude en laboratoire des terres de cette région, on pourra indiquer la technique à suivre pour tirer de bonnes récoltes de ces plaines étendues propices à une colonisation agricole.

COMMUNICATION N° 27.

Etude de quelques Sols tropicaux

par

H. JACQUES-FELIX,
Maître de recherches

R. BÉTRÉMIEUX,
Chargé de travaux.

I. — COMPARAISON D'UN SOL FORESTIER ET D'UN SOL DE SAVANE VOISIN DE MEME ORIGINE.

Fréquemment la forêt, abattue et brûlée pour faire place aux cultures vivrières, ne peut se rétablir lorsque le terrain est abandonné, et cède le pas à la savane, aidée dans sa conquête par les feux allumés par les indigènes. Nous essaierons dans cette étude de mettre en évidence les différences pouvant exister entre deux sols voisins, l'un forestier, l'autre de savanes, ayant même origine géologique et même genèse antérieure, mais ayant pu évoluer différemment après modification par l'homme du couvert végétal.

Les échantillons étudiés proviennent du cercle de Macenta dans la région forestière de la Guinée Française et ont été prélevés le long de la route de Sérédou à Nzérékoré, près de Sérédou, à 500 mètres d'altitude environ, sur une faible pente dominée par le versant Sud du Ziama (8° environ de latitude N.).

Dans cette région, les pluies tombent en été en une seule saison et leur total annuel atteint 2,000 mm. Les températures mensuelles varient de 19°5 en décembre-janvier pour le minimum moyen des mois les plus froids à 31° en mars pour le maximum moyen des mois les plus chauds.

Nous sommes là à la limite de la forêt mésophile, caractérisée par *Piptadenia africana* (Dabéma) et autres essences à tropophilie plus accentuée : *Triplochyton scleroxylon*, etc., ouverte de clairières, à graminées : *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, etc. Lorsque les clairières de la région passent finalement à la savane et que la forêt est, au contraire, sous forme d'îlots, quelques essences tropophiles, *Crossopterix febrifuga* surtout, sont disséminées dans la prairie.

La clairière où le profil a été relevé n'avait qu'une végétation graminoïde.

Les deux profils étudiés, développés sur granit bien caractérisé, se présentent de la façon suivante :

Sol forestier :

0-45 cm. (F^1) : horizon brun noir, humifère, riche en débris de racines, grumeleux, assez friable; quelques petites concrétions ferrugineuses.

45-115 cm. (F^2) : horizon gris jaunâtre, grumeleux comme F^1, moins de débris de racines, quelques concrétions ferrugineuses dures un peu plus grosses que les précédentes. Le passage de F^1 à F^2 est progressif.

115-200 cm. (F^3) : horizon jaune rougeâtre, riche en éléments grossiers de dimensions très variées, le plus souvent de l'ordre du cm. de diamètre, avec également quelques noyaux résiduels et très compacts de la roche-mère fortement altérée en surface.

Les graviers sont soit très friables, soit très durs. Dans les premiers, on remarque des grains de quartz et des hydroxydes allant du jaune au brun foncé, à structure caverneuse ou feuilletée, l'ensemble rappelant souvent celle de la roche-mère. Les seconds sont des concrétions ferrugineuses compactes et homogènes, d'une teinte rouille foncée.

Le passage de F^2 à F^3 est nettement tranché.

Au-dessous de 200 cm. (F^4) : horizon rougeâtre moins riche que F^3 en éléments grossiers analogues, parmi lesquels dominent surtout les éléments friables à structure caverneuse ou feuilletée.

Sol de savane :

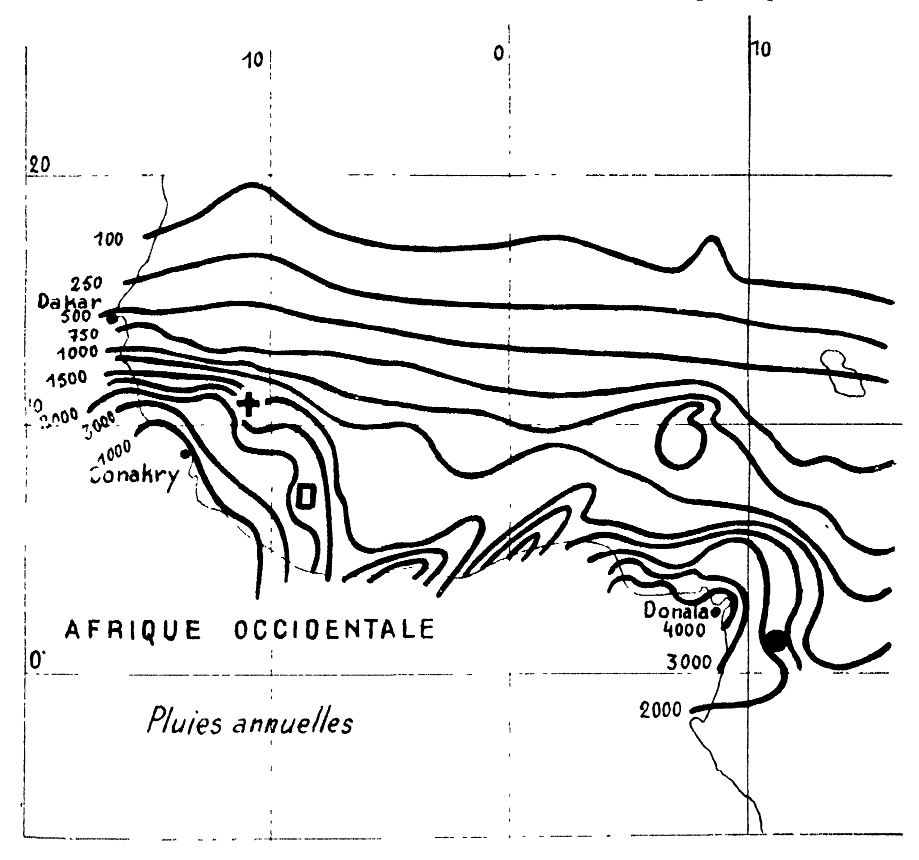
0-25 cm. (S^1) : horizon brun noir, humifère analogue à F^1 mais un peu plus compact.

25-100 cm. (S^2) : horizon gris jaunâtre, un peu moins compact que S^1 analogue à F^2.

Dans ces deux horizons, les concrétions ferrugineuses sont analogues à celles des horizons correspondants du sol forestier et aussi peu abondantes. Le passage de S^1 à S^2 est également progressif.

100-200 cm. (S^3) : horizon jaune rougeâtre, riche en éléments grossiers (plus que F^3) constitués principalement de concrétions ferrugineuses homogènes et compactes d'une teinte rouille foncée. Le passage de S^2 à S^3 est également nettement tranché.

Les analyses portent sur la terre fine passant au tamis à trous ronds de 2 mm. de diamètre après un échantillonnage respectant le



Positions des trois sols étudiés

● Akonolinga (Cameroun).

▭ Sérédou (Guinée Française)

\+ Timbi (Guinée Française)

plus possible les éléments grossiers peu résistants. Les résultats en sont rassemblés dans le tableau I. Les méthodes utilisées sont les suivantes :

Analyse mécanique par la méthode internationale, dispersion par l'ammoniaque, détermination des fractions argile et limon par la méthode pipette, séparation des sables grossiers par tamisage et sables

fins obtenus par différence. La matière organique est calculée à partir du carbone organique au moyen du facteur habituel 1.724.

Le carbone est dosé par voie humide suivant la méthode au bichromate de A. Walkley (1) et l'azote organique par la méthode courante de Kjeldhal avec SO^4 Cu comme catalyseur.

L'humus dosé correspond à la fraction précipitable par les acides minéraux déterminée par la méthode de R. Chaminade (2), avec extraction par l'oxalate d'ammonium et en adoptant le facteur de correspondance entre humus et Mn 04 K N/10 indiqué par l'auteur. facteur que nous avons vérifié être valable également pour les sols forestiers de la région d'Abengourou en Côte d'Ivoire.

Détermination électrométrique du pH au moyen de l'électrode de verre dans une suspension de rapport eau/terre=2.5.

Les bases échangeables ont été déplacées par une solution d'acétate d'ammonium neutre N. leur total S déterminé par la méthode de R. H. Bray et F. M. Willhite (3), Ca et K dosés par les méthodes usuelles à l'oxalate d'ammonium et au cobalti nitrite. La capacité d'échange T a été déterminée sur la terre lessivée par l'acétate d'ammonium par dosage de l'ammonium adsorbé à pH 7 d'après la méthode de C. S. Piper (4) La différence T-S est comptée comme H échangeable.

L'acide phosphorique assimilable est dosé par la méthode citrique, et la potasse assimilable est prise égale à la potasse échangeable.

L'argile (fraction inférieure à 0,002 %) séparée par sédimentation en milieu ammoniacal, floculée par l'acide chlorhydrique, lavée à l'eau distillée a été étudiée par analyse thermique et rayons X, ainsi que par l'analyse chimique classique; le quartz fin a été déterminé par la méthode de L. J. Trostel et D. J Wynne (5).

Sur la terre fine et l'argile, l'oxyde de fer et l'alumine libres ont été déterminés par la méthode de E. Truog et M. Drosdoff (6).

En dehors des différences sensibles d'épaisseur et de richesse en matière organique des horizons supérieurs, les deux profils déjà semblables morphologiquement le sont encore quant à la composition granulométrique où les horizons correspondants apparaissent très comparables. Le taux d'argile croît avec la profondeur au moins jusqu'à deux mètres, les horizons supérieurs F^1 et S^1 que l'on peut considérer comme des horizons éluviaux, étant sablo-argileux, les horizons inférieurs argilo-sableux à argileux. Les sables, qui représentent 55 à 80 % du total, sont surtout fins et constitués de quartz et de petites concrétions rouge brique abondantes. Les sables grossiers diminuent avec la profondeur, c'est l'inverse pour les sables fins. La fraction limon est toujours peu représentée. Cependant, le sol de savane est sensiblement plus argileux que le sol forestier dans tous ses horizons; par contre, les sables grossiers y sont moins abondants.

La similitude se maintient si l'on rapporte les résultats de l'analyse mécanique à la terre totale. Le graphique 1, qui indique la répartition des différentes fractions, met en évidence, entre 1 et 2 mètres de

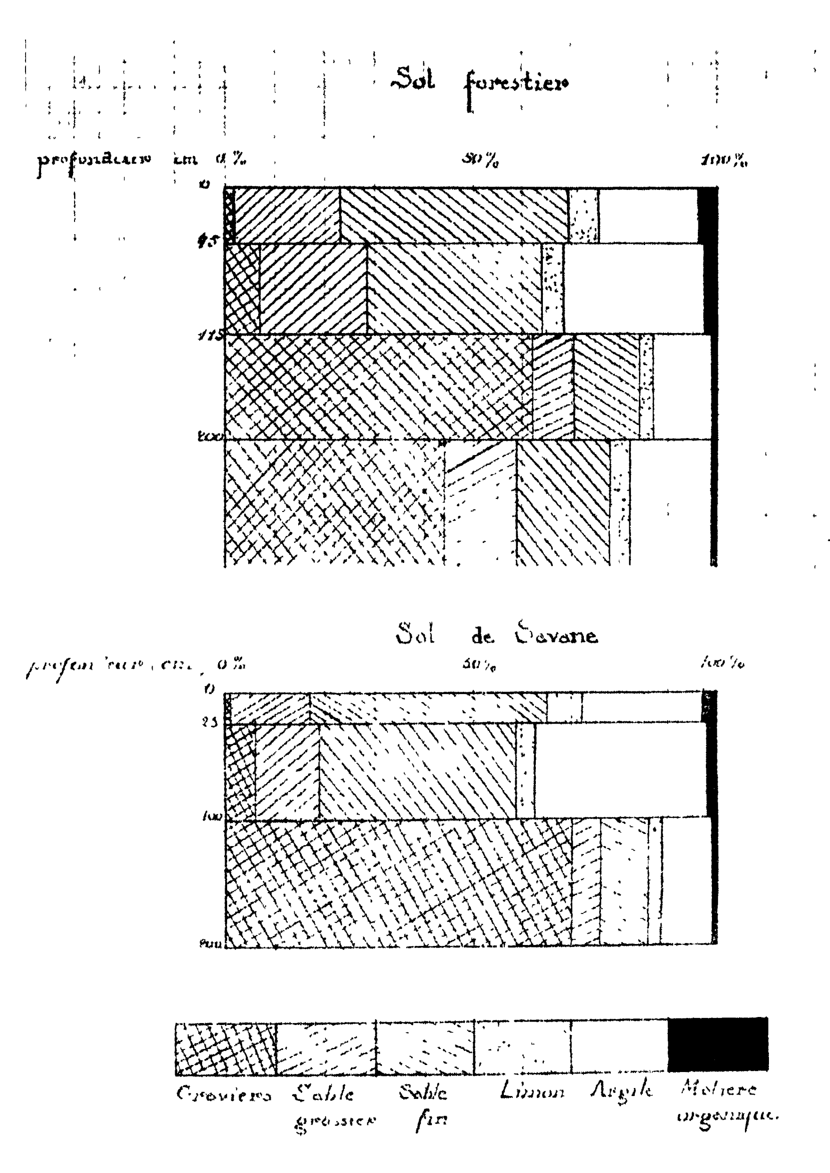


Fig 1. Sérédou. composition granulométrique ramenée à la terre totale

profondeur, pour F^3 et S^3, la présence d'un horizon puissant, riche en éléments grossiers dus à l'évolution latéritique de ces sols. Cet horizon constitue une zone d'étranglement physique et chimique, plus épaisse et plus marquée en savane que sous forêt, nuisible à la pénétration des racines et à l'alimentation des végétaux, la terre fine étant déjà peu fournie en éléments minéraux.

L'azote et le carbone organiques diminuent avec la profondeur, plus lentement dans le sol de savane que dans le sol forestier à peine plus riche en azote, mais notablement plus riche en carbone. Dans les deux sols le rapport C/N se maintient supérieur à la valeur 10, considérée habituellement comme normale, en particulier dans les horizons supérieurs grâce à l'abondance des débris de racines encore peu décomposés surtout dans F^1.

Plus riche en matières organiques, F^1 l'est également et de beaucoup en humus précipitable par les acides minéraux et la différence apparaît encore plus grande si l'on tient compte des épaisseurs respectives des horizons humifères (rapport de 1 à 12). Par contre, en profondeur, aussi bien pour le sol forestier que pour le sol de savane, il n'existe que des traces d'humus précipitable. Dans le cas le plus favorable, celui de F^1, le taux d'humidification (rapport humus/matière organique totale) n'est que de l'ordre de 6 %, ce qui est faible. La destruction de l'humus est donc rapide et son stockage difficile malgré des réserves en matière organique relativement grandes. En savane, le taux d'humification est pratiquement nul.

Les deux sols sont nettement latéritiques; l'individualisation et le concrétionnement des oxydes de fer et d'alumine y sont très poussés au-dessous de 1 mètre, surtout dans le sol de savane où les gravillons sont plus abondants et les débris très altérés de la roche-mère plus rares. La terre fine contient aussi une quantité importante d'oxydes libres (voir fig. 3); les chiffres indiqués au tableau I sont même inférieurs à la réalité, car si les oxydes finement divisés sont à peu près complètement solubilisés, les petites concrétions subsistent pour la plupart. Fe^2O^3 est plus abondant dans le sol des savanes que dans le sol forestier et la teneur croît régulièrement du haut en bas des deux profils; les différences s'atténuent avec la profondeur et au-dessous de 2 mètres le pourcentage paraît être le même dans les deux cas. Al^2O^3, à peu près aussi abondant que F^2O^3 en surface, voit sa teneur augmenter beaucoup moins avec la profondeur, surtout dans le sol de savane un peu plus riche en surface et un peu moins entre 1 et 2 mètres, que le sol forestier où apparaît un léger maximum à ce niveau. Il est probable également que les chiffres sont voisins pour les sols au-dessous de 2 mètres.

L'argile, dont les résultats de l'analyse chimique par fusion alcaline sont indiqués au tableau II, est du type de la kaolinite d'après les courbes d'analyse thermique et les diagrammes de rayons X effectués sur des échantillons de chaque horizon des deux profils. Les argiles

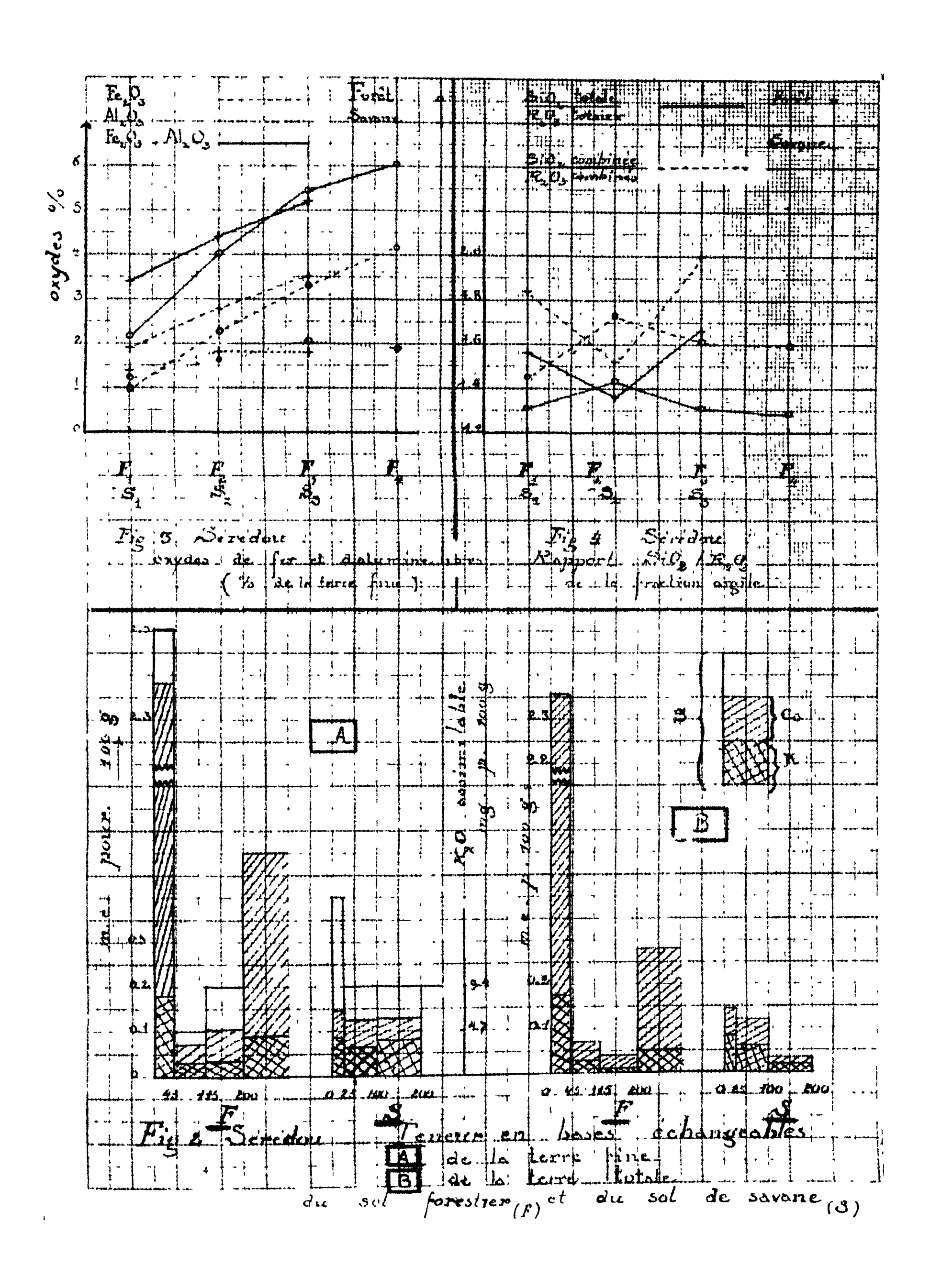


Fig 3. Séredou : oxydes de fer et d'alumine libres (% de la terre fine)
Fig 4 Séredou Rapport SiO_2 / R_2O_3 de la fraction argile
Fig 2 Séredou Teneur en bases échangeables
A de la terre fine
B de la terre totale
du sol forestier (F) et du sol de savane (S)

sont plus claires que la terre fine dont elles proviennent et semblables pour les horizons correspondants des deux profils; elles sont jaune gris pour les deux premiers horizons, ocre clair pour le troisième et ocre un peu plus foncé pour le quatrième; les fractions supérieures, limon et sable, sont beaucoup plus rougeâtres où s'accumulent davantage les oxydes.

TABLEAU I.

SEREDOU : Analyses portant sur la terre fine séchée à 105 .

	SOL FORESTIER				SOL DE SAVANE		
Numeros des horizons	F1	F2	F3	F4	S1	S2	S3
Profondeur (cm)	0-45	45-115	115-200	au-dessous de 300	0-25	25-100	100-200
Terre fine (% de l'échantillon total)	98,75	93,0	38,0	56,0	99,0	93,8	30,0
Analyse mécanique (%)							
Argile	21,4	32,7	33,8	31,5	25,0	38,8	38,2
Limon	6,3	4,2	5,7	7,1	7,85	4,3	6,0
Sable fin	47,3	39,7	37,1	31,7	48,15	42,0	37,35
Sable grossier	21,8	22,2	22,8	26,2	16,4	13,9	17,65
Matière organique	-				-		—
N organique (p. mille)	0,96	0,57	0,31	0,35	0,92	0,53	0,35
C organique »	18,52	7,02	3,34	2,77	15,2	5,94	4,68
C/N »	19,25	12,3	10,8	7,9	16,5	11,2	13,4
Humus précipitable (%)	0,19	trace	trace	trace	0,03	trace	trace
pH	5,0	4,5	4,7	4,7	4,65	4,65	5,0
Caractéristiques du complexe absorbant (m.é p. 100 gr.)							
S	2,5	0,1	0,2	0,5	0,4	0,2	0,2
H	5,4	3,2	2,7	1,9	4,9	3,3	2,6
T	7,9	3,3	2,9	2,4	5,3	3,5	2,8
Tm	3,75	3,65	4,25	4,25	3,85	3,8	3,85
To	4,15	—	—	—	1,45	—	—
V %	31,6	3,0	6,9	20,8	7,5	5,7	7,15
Ca éch.	2,21	0,04	0,08	0,41	0,06	0,06	0,03
K éch	0,176	0,033	0,024	0,09	0,085	0,065	0,08
Eléments assimilables (m.g.p. 100 gr):							
K^2O	8,3	1,55	1,15	4,25	4,1	3,2	3,75
P^2O^5	0,65	0,65	0,2	0,4	0,3	0,55	0,4
Oxydes libres (%)							
Fe^2O	1,0	2,36	3,36	4,15	1,93	2,72	3,43
Al^2O	1,21	1,65	2,07	1,91	1,44	1,69	1,78
Total	2,21	4,01	5,43	6,06	3,37	4,41	5,21

La perte au feu est élevée (environ 16 %) comme dans tout sol latéritique. L'argile du sol de savane est légèrement plus riche en silice et Al^2O^3 y est plus variable que dans le sol forestier; la proportion d'alumine libre, qui oscille autour de 10 % de Al^2O^3 totale augmente légèrement avec la profondeur. L'argile du sol forestier est plus riche en Fe^2O^3 dont le pourcentage diminue de haut en bas du

profil; une grande partie de cet oxyde est sous forme libre dont la proportion passe de 52 à 80 % de F^1 en F^4 et reste voisine de 63 % dans le sol de savane comme dans les F^2 et F^3. L'argile contient également un peu de quartz, plus abondant dans les horizons supérieurs; les valeurs trouvées sont un peu faibles car la fusion au pyrosulfate et le traitement à la soude attaquent légèrement le quartz aussi fin

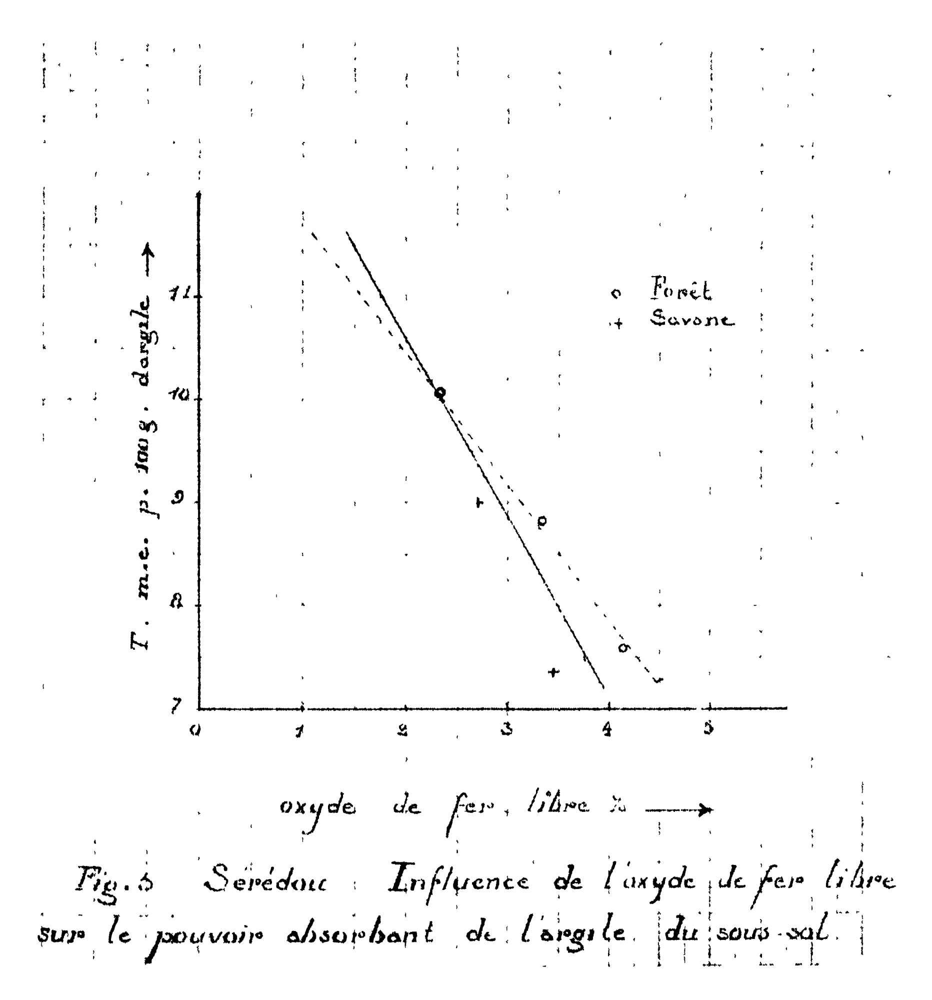


Fig. 5 Serédou : Influence de l'oxyde de fer libre sur le pouvoir absorbant de l'argile du sous-sol.

Dans l'ordre où ils sont indiqués au tableau II, les rapports moléculaires SiO^2/R^2O^3 et SiO^2/Al^2O^3 donnent des valeurs de plus en plus élevées, mais ils classent de la même façon tous les différents horizons d'un même profil ou les horizons correspondants des deux profils (voir figure). Leurs valeurs pour le sol de savane sont supérieures à celles des horizons correspondants du sol forestier, sauf pour les seconds où elles passent par un maximum pour le sol forestier et par un minimum pour les sols de savanes, tous deux très marqués. Pour F^3 et F^4, les valeurs correspondantes sont semblables.

En laissant de côté les deuxièmes horizons des deux profils, le rapport SiO^2 total/R^2O^3 total est voisin de 1,3 pour l'un et de 1,6 pour l'autre, ce qui confirme le caractère latéritique des deux sols; en prenant la silice combinée au lieu de la silice totale, le rapport ne serait que très légèrement plus faible. Le rapport SiO^2 combiné/R^2O^3 combiné, relativement plus élevé par les horizons inférieurs, atteint 1,6 pour le sol forestier et avoisine déjà 2 pour le sol de savane. Le troisième rapport qui ne fait intervenir que les éléments constitutifs de la kaolinite typique, augmente uniformément les valeurs précédentes de 0,1 à 0,15.

Les deux derniers rapports, bien que souvent inférieurs à 2, correspondent encore à l'argile kaolinique de certains sols latéritiques, en particulier de ceux formés comme ici sur granite. En prenant pour le troisième rapport la moyenne des valeurs des trois premiers horizons, on obtient 1,74 pour le sol forestier et 1,94 pour le sol de savane. L'argile semble donc plus nettement kaolinique dans le sol de savane qui, semblable au sol forestier jusqu'à une certaine époque indéterminée, a subi une résilification réelle ou apparente par suite, soit de la remontée de SiO^2 due à l'évaporation plus intense, soit à la perte de sesquioxydes passés sous forme de concrétions.

Dans chaque profil, le rapport moléculaire des éléments combinés est sensiblement plus élevé en profondeur qu'en surface (sauf le cas de Si).

La capacité d'échange pour les bases à pH 7 (T) décroît avec la profondeur. Comparable dans les deux profils pour les horizons inférieurs, elle est notablement plus élevée pour l'horizon supérieur du sol forestier que pour celui du sol de savane par suite d'une teneur plus grande en matière organique de capacité d'échange également plus élevée. On se rend compte de ce fait en déterminant T comme l'ont fait G. Waegemans et L. de Leenheer (7) sur des sols de la vallée de la Lufira au Katanga, sur un échantillon traité à l'eau oxygénée à 6 % de façon à détruire le plus complètement possible la matière organique. Les valeurs obtenues Tm (capacité d'échange de la fraction minérale du sol) sont alors les mêmes pour F^1 et S^1 et, par différence, on peut attribuer à la matière organique une capacité d'échange (To) de 4,15 m. é. p. 100 gr. de terre pour F^1 et de 1,45 m. é. pour S^1, soit d'une part 52,5 % de T. et de l'autre 27,5 %. Ramené à 100 gr. de matière organique, on obtient pour To les valeurs de 56 m. é. pour S^1 et de 129 pour F^1, soit une variation de la capacité d'échange du simple au double.

Dans les horizons inférieurs, la capacité d'échange T décroît régulièrement avec la profondeur, alors que le pourcentage des colloïdes minéraux reste pratiquement le même dans chacun des deux sols. Mais après traitement à l'eau oxygénée, la capacité d'échange Tm est pratiquement la même et voisine de 3,7-3,8 pour les deux sols, sauf pour F^3 et F^4 où elle est plus forte; Tm est ainsi supérieur à T

pour tous les horizons inférieurs pour lesquels la matière organique intervient peu dans T. Dans le sol non traité, la capacité d'échange pour les bases, réduite de façon sensible, est donc inférieure à ce qu'elle pourrait être.

TABLEAU II.

SEREDOU : Analyse totale de la fraction argile.

		SOL FORESTIER				SOL DE SAVANE		
Numéros des horizons		F1	F2	F3	F4	S1	S2	S3
Profondeur (cm.)		0-45	45-115	115-200	au-dessous de 200	0-25	25-100	100-200
En % de l'argile séchée à 105°		—	—	—	—	—	—	—
Perte au feu (au-dessus de 105°)		16,8	16,45	16,7	16,7	16,55	15,9	16,6
SiO^2	totale	32,1	33,3	31,05	29,1	33,7	33,5	33,0
	combinée	30,85	32,3	30,35	28,55	33,0	32,8	32,5
	quartz	1,25	1,0	0,7	0,55	0,7	0,7	0,5
Al^2O^3	totale	35,3	33,0	34,3	33,4	31,5	36,9	28,7
	combinée	32,6	29,15	29,9	29,3	28,3	34,8	24,85
	libre	2,7	3,85	4,4	4,1	3,2	2,3	3,85
Fe^2O^3	Total	10,1	9,45	8,85	8,0	8,15	8,6	7,8
	combiné	4,8	3,45	3,4	1,55	3,0	3,15	2,95
	libre	5,3	6,0	5,45	6,45	5,15	5,45	4,85
TiO^2		1,2	1,45	1,0	1,05	1,2	1,2	1,1
Rapports moléculaires								
$\frac{SiO^2 \text{ totale}}{R^2O^3 \text{ totaux}}$		1,3	1,45	1,32	1,26	1,56	1,36	1,66
$\frac{SiO^2 \text{ combinée}}{R^2O^3 \text{ combinés}}$		1,46	1,73	1,61	1,6	1,85	1,52	2,06
$\frac{SiO^2 \text{ combinée}}{Al^2O^3 \text{ combinée}}$		1,6	1,88	1,73	1,66	1,98	1,61	2,22
$\frac{SiO^2 \text{ combinée}}{Al^2O^3 \text{ combinée}}$ (moyenne)			1,74			1,94		

L. E. Allison et G. Scarseth (8) ont observé que des terres débarrassées de leurs oxydes de fer libres par une méthode biologique très douce, n'ayant pratiquement aucune action sur les silicates et en particulier les silicates de fer les plus fragiles, avaient une capacité d'échange plus élevée que la terre non traitée, l'augmentation de T étant d'autant plus grande que la terre était plus riche en Fe^2O^3 libre. Ici, on constate également que T décroît aussi régulièrement que

Fe^2O^3 croît avec la profondeur, et la corrélation mise en évidence par la figure 5 est assez bonne (T a été ramené à 100 g. d'argile).

Le traitement à l'eau oxygénée à chaud a nettement accru la capacité d'échange Tm > T) et, comme on ne peut pas supposer qu'il ait éliminé une partie des oxydes libres, il faut voir là vraisemblablement le résultat d'un état de dispersion plus grand de l'échantillon après traitement, qui équivaut à un décapage partiel des particules terreuses et favorise les échanges d'ions. Dans ces conditions, les valeurs To indiquées précédemment pour F' et S' sont vraisemblablement plus faibles qu'elles ne le sont réellement, bien que ce soient les horizons les plus pauvres en oxydes de fer. Ceci indique d'autre part qu'il est difficile d'évaluer la participation de la matière organique à la capacité d'échange des sols latéritiques, participation qui peut parfois être complètement masquée, comme nous avons déjà pu nous en rendre compte.

Ramenée à 100 gr. d'argile, Tm est de 17,5 m. é. pour F', chiffre qui correspond bien à ce que l'on peut attendre d'une argile kaolinique; elle est un peu inférieure mais encore normale pour S' (15,4). Elle est beaucoup plus faible dans le sous-sol : 10 environ dans le sol de savane, 11 à 13 dans le sol forestier où elle est toujours plus élevée. Il n'existe pas de relation entre Tm et le rapport moléculaire des éléments combinés, pas plus qu'avec la teneur en oxydes libres Fe^2O^3 et $Fe^2O^3 + Al^2O^3$. Cependant, ceux-ci sont responsables des valeurs faibles obtenues pour les sous-sols sur les échantillons non traités en vue de les éliminer.

Comme pour T, le total S des bases adsorbées est comparable dans les horizons inférieurs où il est très faible. A peine plus élevé dans l'horizon supérieur du sol de savane, il est relativement très grand dans l'horizon humifère du sol forestier où également, au-dessous de deux mètres, l'influence de la roche-mère se fait déjà sentir par un relèvement de S. Il en résulte que le coefficient de saturation V % = 100 S/T est très bas (inférieur à 8 %) sauf pour l'horizon supérieur et l'horizon inférieur du sol forestier, où, faible encore en valeur absolue, il atteint respectivement 30 et 20 %.

Dans des sols aussi lessivés, la réaction des divers horizons est naturellement acide et le pH oscille entre 4,5 et 5, mais on ne constate pas de corrélation nette entre le pH et V. Le pH croît légèrement avec la profondeur dans le sol de savane, tandis que dans le sol forestier, partant de la valeur la plus élevée dans l'horizon supérieur, il passe par un minimum comme V et S et se maintient à une valeur intermédiaire dans la zone des concrétions.

Dans le sol de savane, la quantité de Ca échangeable est sensiblement plus faible que celle de K échangeable alors que dans le sol forestier le rapport Ca/K reste toujours supérieur à 1 et dépasse même 10 dans l'horizon supérieur le mieux saturé. On perçoit ici, l'effet utile

de la végétation forestière sur le ralentissement de l'épuisement du sol en éléments minéraux par prélèvement en profondeur et restitution en surface par l'intermédiaire d'une masse importante de débris végétaux. Cet effet déjà net pour K, l'est encore beaucoup plus pour Ca dont le sol forestier est relativement mieux fourni, surtout en surface, que dans le sol de savane.

Malgré un certain enrichissement superficiel, le sol de forêt est à peine plus riche en potasse assimilable que le sol de savane où la teneur en cet élément est sensiblement constante. Les deux sols sont extrêmement pauvres en acide phosphorique assimilable, le sol forestier l'étant légèrement moins que le sol de savane. La teneur en azote total est elle-même peu différente d'un sol à l'autre

En résumé, les deux sols, identiques jusqu'à la modification du couvert végétal sur l'un d'eux, ont conservé de grandes ressemblances et le changement de végétation plus ou moins récent, non daté, n'a encore modifié de façon nette que les caractéristiques de l'horizon supérieur

Leurs caractères généraux restent les mêmes : sols latéritiques à gravillons, très lessivés et acides, dont le pouvoir absorbant de l'argile du type kaolinite est notablement réduit par les sesquioxydes libres

La forêt maintient en surface par ses résidus abondants un horizon plus humifère, plus épais, relativement mieux saturé malgré une capacité d'échange plus élevée, plus riche en bases et surtout en Ca dont le sol de savane est pratiquement dépourvu C'est là la différence essentielle. Au-dessous, les deux profils se ressemblent beaucoup; à peine peut-on estimer un peu moins désaturé le sous-sol de savane dont le pédoclimat est différent et subit davantage les fluctuations du climat atmosphérique; l'altération latéritique y est un peu plus poussée et l'argile plus typiquement kaolinique, sans bénéfice apparent d'ailleurs pour les propriétés du sol.

La richesse relative, ou plutôt la moins grande pauvreté du sol forestier, repose uniquement sur son humus. Richesse fragile qui peut disparaître aussi rapidement que la forêt. Alors placés à nouveau dans les mêmes conditions naturelles, les deux sols ne tarderaient pas à redevenir identiques également mais au niveau le plus pauvre déjà atteint sous savane.

II. — ETUDE D'UN SOL FORESTIER DU SUD-CAMEROUN.

Près d'Akonolinga, le talus d'une tranchée, alors fraîchement ouverte pour le nouveau tracé de la route d'Akonolinga à Abong-Bang, dans la région forestière de la vallée du Nyong, faisait apparaître le profil suivant d'un sol latéritique à cuirasse sous forêt :

TABLEAU III.

AKONOLINGA :

Analyses portant sur la terre fine séchée à 105° (A).

Numéros des horizons	1	2	3
Profondeur des horizons (cm.)	0-25	25-65	65-115
Terre fine (% de la terre totale).	97,15	90,9	23.0
Analyse mécanique (%) :			
Argile	51,95	55,35	48,95
Limon	5,85	6,5	7,1
Sable fin	35,65	23,0	22,45
Sable grossier	0,35	13,4	20,2
Matière organique	6,2	1,75	1,3
Humus précipitable (%)	0.29	0,04	0,04
N organique (p. mille)	4,65	1,46	1,24
C organique »	36,0	10,35	7,55
C/N	7,75	7,1	6,1
pH	3,8	4,2	4,4
Caractéristiques du complexe absorbant (m.é p. 100 gr).			
S	0,9	0,65	0,85
H	14,55	9,5	7,8
T	15,45	10,15	8,65
V %	5,8	6,4	9,8
Ca éch.	0,1	0,1	0,4
Mg éch.	0,3	0,2	0 2
K ech.	0,5	0,35	0,25
Eléments assimilables (m.g.p. 100 gr.) :			
K^2O	23,8	15,6	12,3
P^2O^5	3,05	1,5	2,25
Oxydes libres (%) :			
Fe^2O^3 (b)	4,25	4,56	4,27
Al^2O^3	0,62	0,42	0,62
Total	4,87	4,98	4,89

(a) Les analyses ont été effectuées par les méthodes indiquées pour les sols de Sérédou, sauf S qui a été pris égal à la somme Ca+Mg+K échangeables.
(b) Dosé après deux attaques par H^2S.

1) 2-25 cm. : horizon brun noirâtre riche en radicelles, à agrégats friables, éléments grossiers peu abondants, constitués de grains de quartz et surtout de concrétions ferrugineuses très dures. La limite avec l'horizon sous-jacent est assez nette.

2) 25-65 cm. : Horizon décoloré jaune rougeâtre clair, à agrégats poreux et très friables; un peu plus riche que 1 en éléments grossiers analogues.

3) 65-115 cm. : Horizon à gravillons latéritiques très abondants (environ 75 %) identiques mais plus gros que les concrétions des horizons précédents. La limite supérieure est nette et bien parallèle à la surface du sol. La terre fine est plus claire qu'en 2.

4) Au-dessous de 115 cm. : Cuirasse latéritique compacte visible sur environ 1 m. Cette cuirasse n'est pas continue et peut présenter des failles verticales remplies de gravillons de l'horizon supérieur et où s'enfoncent les racines des arbres. Elle peut également être absente et, aux environs du point de prélèvement, le gravillon latéritique de l'horizon 3 repose directement sur la roche-mère qui est un gneiss bien caractérisé.

Des échantillons ont été prélevés pour analyses dont les résultats sont indiqués au tableau III.

Dans cette région, à 600 m. d'altitude environ, la pluviométrie est de 1,650 mm. par an répartis sur deux saisons des pluies séparées par une petite saison sèche estivale en juillet-août avec 100 mm. environ pour ces deux mois : la sécheresse est plus accusée en décembre (50 mm.) et en janvier (moins de 50 mm. de pluie). Janvier est le mois le plus froid (minimum moyen 19°), avril et mai les mois les plus chauds (maximum moyen 34°).

Le terrain en pente légère d'exposition-sud est couvert d'une puissante végétation forestière nettement secondaire par le caractère des essences et surtout par la masse du sous-bois à lianes et arbustes divers. L'âge approximatif de cette forêt peut être évalué à une vingtaine d'années.

Le sol est lourd et peu épais, le gravillon latéritique prend rapidement de l'importance vers le bas jusqu'à la cuirasse qui, là où elle existe, et grâce à des failles verticales, ne limite cependant pas strictement le volume de terre accessible aux racines. Par contre, le taux des oxydes libres restés à l'état diffus dans la terre fine est sensiblement constant dans tout le profil. Fe^2O^3 est beaucoup plus abondant que Al^2O^3 et, grâce à de légères variations en sens inverse dans l'horizon 2, leur total reste partout voisin de 5 %.

La terre fine est uniformément très argileuse dans toute la hauteur; les sables grossiers, quartz et surtout petites concrétions d'oxydes sont plus abondants vers le bas du profil au détriment des sables fins.

L'horizon supérieur est très riche en matière organique dont la valeur indiquée ne comprend d'ailleurs pas une quantité notable (1,5 %) de débris de racines grossiers passant au tamis. Cet horizon est également riche en humus qui existe encore en faible quantité au-dessous. Le taux d'azote est aussi très élevé en surface et reste élevé dans le sous-sol. Le rapport C/N décroît légèrement de haut en bas; assez faible, il indique une décomposition avancée de la matière organique, bien que le taux d'humification soit faible (5 % environ).

Comme pour le sol forestier de Sérédou, la capacité d'échange pour les bases à pH 7 (T) est fortement majorée dans l'horizon humifère grâce à la matière organique dont on peut évaluer la capacité d'échange propre (To) de la façon suivante.

Ramenée à 100 gr. d'argile, et en négligeant la matière organique. T est de 18,4 m. é. dans le deuxième horizon et de 17,7 dans le troisième, soit 18 m. é. en moyenne, valeur que l'on peut admettre également pour l'horizon supérieur, la terre fine paraissant homogène notamment par rapport à la teneur en oxydes libres. On peut alors attribuer 6 m. é. à la capacité d'échange de la matière organique de l'horizon humifère (soit 39 % de T), ce qui correspond par To à environ 100 m. é. pour 100 gr. de matière organique. Cette valeur est comparable à celle trouvée pour le sol forestier de Sérédou mais vraisemblablement inférieure à la réalité de par le mode de calcul.

La teneur en potasse est assez élevée pour un sol aussi lessivé; par contre, celle en chaux est faible et si l'on tient compte de l'importance du gravillon à ce niveau; la magnésie est un peu plus abondante que la chaux. Ce sol est également pauvre en acide phosphorique qui s'accumule notablement en surface comme K^2O.

Mise à part la présence de la cuirasse, ce sol forestier est assez différent de celui de Sérédou. Il est plus lourd, ce qui tient à la nature de la roche-mère, mais moins profond.

La végétation de forêt secondaire lui fournit une plus grande quantité de débris qui se décomposent mieux et donnent un horizon supérieur plus humifère, cependant moins épais. Mais cet horizon n'est pas enrichi en bases. La décomposition de la matière organique et le lessivage sont favorisés par le climat plus constamment humide malgré des précipitations annuelles inférieures. D'autre part, la cuirasse gêne la pénétration des racines qui ne peuvent exploiter qu'incomplètement les réserves minérales du sous-sol profond et récupérer les sols éliminés par le drainage.

Il est possible également de supposer que le sol d'Akonolinga a été plus semblable à celui de Sérédou autrefois, lorsqu'il portait une forêt primaire, et que son lessivage intense se soit produit pendant l'interrègne de la végétation forestière. La période de cultures a accentué l'appauvrissement du sol et la forêt secondaire n'a pu encore, si jamais elle y arrive, reconstituer un horizon humifère enrichi en éléments minéraux; la cuirasse est certainement une entrave sérieuse à cette reminéralisation.

III. — ETUDE D'UN SOL ECOBUE DES HAUTS PLATEAUX DU FOUTA-DJALLON.

La région des Timbis, en Guinée Française, située au N.W. de Pita sur les Hauts Plateaux du Fouta-Djallon par environ 1,1° de latitude nord, est bien particulière. Elle est constituée par un plateau d'altitude de 1.000 m. sans ondulation, sans éminence dont les pentes très faibles n'assurent qu'un mauvais écoulement des eaux. Sans présenter un caractère marécageux, les sols s'y maintiennent humides et peu aérés.

Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 1,800 m/m et tombent pendant l'été en une seule saison des pluies. La température est légèrement abaissée par l'altitude; le minimum moyen du mois le plus froid (janvier) est d'environ 12°C et le maximum moyen des mois les plus chauds (mars et avril) est d'environ 30°C; ensuite, avec l'hivernage, la température se rafraîchit légèrement.

Ce plateau était autrefois couvert d'une forêt de *Parinari excelsa* détruite il y a environ un siècle et d'abord remplacée pendant longtemps par des bambous (*Oxynanthera abyssinica*). Actuellement, il ne subsiste plus qu'une prairie courte à peuplement pur de *Loudetia*

TABLEAU IV.

TIMBI-TOUMI : Analyse portant sur la terre fine séchée à 105° (a).

Numéros des horizons .	1 A.	1	2	3	4
Profondeur des horizons (cm.)	cendres de surface	0-20	20-50	50-80	80-180
Terre fine (% de la terre totale).	100	99,0	99,6	94,15	77.8
Analyse mécanique (%)					
Argile	...	—	35,85	33,4	38.4
Limon	—	--	33,1	23.25	23.15
Sable fin .	--	—	18,9	29,0	26.0
Sable grossier	--	—	4.8	11,65	11.9
Matière organique	6,4	8,5	7,35	2,7	0.55
Humus précipitable (%)	—	0,11	0.21	0,06	0.04
N organique (p. mille)	3,08	4,1	2.38	1.23	0 1[illegible]
C organique »	37.0	49,5	42,7	15,7	3 2
C/N	12,0	12.1	17.9	12.5	27.0
pH	5,0	5,1	4,85	4,85	5.1
Caractéristiques du complexe absorbant (m.é p 100 gr) :	--				
S	--	0,85	0,65	0,7	1.4
H		14,85	16,55	10,3	7.05
T	--	15,7	17,2	11,0	8.45
V %	—	5,4	3,8	6,35	16.6
Ca éch	—	0,1	0,2	0,4	1.1
Mg éch.	—	0 1	0.1	0,1	0,1
K éch .	—	0,65	0,35	0.2	0 2
Eléments assimilables (mg p. 100 gr.)					
K^2O	—	21,0	17,0	10.0	9.9
P^2O^5	-	2,65	5,9	0,75	1.0
Oxydes libres (%) :					
Fe^2O^3 (b)	---	1,75	1,38	1,72	3.45
Al^2O^3		3,07	1,25	0,82	0,65
Total		4,82	2,63	2,54	4 1

(a) Les analyses ont été effectuées par les méthodes indiquées pour les sols de Sérédou, sauf S qui a été pris égal à la somme Ca+Mg+K échangeables

(b) Dose après deux attaques par H^2S

coarctata C. E. Hubbard (synonyme *Trichopterix*) à strate inférieure à *Nerophila gentianoides* caractéristiques des sols humides. Le long des petits ravins, étroits et peu profonds, amenant l'écoulement des

eaux, court un double cordon de *Zizygium guineense* qui seul rompt l'uniformité de la prairie.

Depuis la disparition complète aujourd'hui de la forêt, les sols de cette région ont progressivement évolué vers une stérilité, parfois très accusée, suivant un processus de dégradation évoqué par A. SUDRES (9) et accroissement de l'humidité excessive en surface entravant la décomposition et la minéralisation des résidus végétaux La végétation de graminées ayant remplacé la forêt se modifie elle-même au fur et à mesure que la dégradation se poursuit et, à un stade avancé, caractérisé par des graminées courtes, fines à touffes denses (et c'est le cas ici) les rendements des cultures riz et fonio sont considérablement réduits ou nuls, alors qu'autrefois, sur défrichement de la forêt, le riz donnait de bons rendements. Moins exigeant que le riz, le fonio l'a remplacé sur les terres en partie épuisées, pour connaître l'échec à son tour.

Lorsque le sol ne se prête plus à la culture du fonio, les indigènes cultivent le riz après écobuage. Cette pratique appelée « Mouki » en Foula était autrefois très employée au Fouta et reste la seule méthode permettant de tirer parti de certains terrains humides, aussi bien sur les hauts plateaux que dans les vallées. Les touffes d'herbes sont arrachées et brûlées en meules avec une partie de la terre de surface; parfois le « Mouki » est fumé à la bouse séchée brûlée également. Après une année de culture (une seule est possible) — le sol est laissé au repos pendant neuf ans. C'est avec l'intention de reconnaître les effets de l'écobuage sur le sol que des échantillons ont été prélevés dans une fosse creusée spécialement à cet effet à peu de distance à l'W. du village de Timbi-Toumi. Cet emplacement a été écobué il y a une vingtaine d'années pour une culture de riz et n'a pas été cultivé depuis; on retrouve encore nettement des traces de cendre dans la partie supérieure formant une sorte de croûte (échantillon 1 A). Chaque année les graminées sont brûlées. Une culture de fonio ne réussirait pas sur ce terrain mais un « Mouki » serait encore possible ainsi que quelques cultures de fonio après lui.

Le profil étudié est celui du type de sol appelé « Hollaindé » par les Foulas; il se présente de la façon suivante :

1. A. — Plaque de la croûte subsuperficielle peu épaisse (2 à 3 cm) formée de terre et de cendres agglomérées, se réduisant facilement en poussière et dont l'intérieur est blanchâtre (prélevées à proximité de la forme de profilage).

1. 0-20 cm. — Horizon gris clair comprenant la croûte précédente dont les fragments se reconnaissent à la teinte claire de la cassure. Quelques petites concrétions ocre clair.

2. 20-50 cm. — Horizon noir à agrégats très friables donnant une terre très fine. Concrétions aussi rares mais plus foncées qu'en 1.

3. 50-80 cm. — Horizon gris, plus foncé que 1, également sans compacité. Concrétions jaunâtres plus grosses et plus abondantes qu'en 1 et 2.

4. 80-180 cm. — Horizon contenant environ 25 % de gravillon latéritique, le plus souvent assez tendre, brun, rougeâtre à l'extérieur, tacheté d'ocre jaune ou rouge à l'intérieur. La terre fine est gris jaunâtre.

Dans ce profil, les éléments latéritiques se sont accumulés et concrétisés au-dessous de 80 cm. dans le gravillon qui repose vraisemblablement sur une carapace visible ailleurs à des profondeurs variables, parfois très faibles. Dans la terre fine, et à l'état diffus, l'oxyde de fer s'est également accumulé au niveau du gravillon, alors que dans les horizons supérieurs le pourcentage de Fe_2O_3 est sensiblement constant, avec un léger minimum dans 2. Au contraire, l'alumine s accumule en surface et l'enrichissement vers le haut du profil est net et continu. (Tableau IV.)

En dehors des chiffres de matière organique, nous ne donnons pas l'analyse mécanique des horizons 1 et 1A, car les cendres de surface ne se dispersent pas ou très peu en milieu ammoniacal, et la terre de l'horizon 1 ne se disperse que partiellement; il subsiste dans la fraction sable grossier une quantité importante d'agrégats terreux.

Pour les horizons inférieurs, l'analyse mécanique ne présente pas de difficultés. Le sous-sol est argilo-limoneux de 20 à 50 cm., et argilo sableux au-dessous. Le pourcentage de sable grossier, faible dans l'horizon 2, croît notablement avec la profondeur; ces sables sont constitués de concrétions brun rougeâtre et de quartz dont la proportion diminue nettement dans les horizons profonds. Malgré sa dispersion partielle, l'horizon 1 peut être considéré comme ayant une composition voisine de celle de l'horizon 2.

Ce sol est profond et très riche en matière organique sur une grande épaisseur (50 cm.) pour un sol de savane; mais, malgré une teneur légèrement plus élevée, l'horizon 1 contient moins d'humus que l'horizon 2; les teintes, grise du premier et noire du second, laissaient d'ailleurs prévoir ce résultat. Malgré une végétation herbacée produisant peu de matière organique et malgré les feux annuels, mais grâce à l'humidité excessive permanente du sol mal drainé qui rend le milieu peu aéré et défavorable à la décomposition des débris végétaux. il s'est formé un horizon organique et humifère épais caractéristique de ce type de sol dont l'accroissement progressif vers le haut est parfois favorisé localement par les dépôts du ruissellement. L'accumulation de la matière organique favorise à son tour la rétention de l'eau et aggrave le défaut du milieu physique.

En tant qu'indice du degré de décomposition de la matière organique, le rapport C/N a une valeur normale jusqu'à 20 cm., mais il s'élève nettement entre 20 et 50 cm., où la décomposition apparaît défectueuse, et reste élevé également par un horizon profond entre 50 et 80 cm. Au-dessous de 80 cm., la valeur obtenue est excessive, par suite vraisemblablement de l'interférence d'éléments minéraux

réduits, tels que Fe^{++}, lors du dosage de C par oxydation. D'autre part, le taux d'humification est faible, même dans l'horizon le plus humifère (2.85 %). Il n'est que de 1,3 % dans l'horizon supérieur où l'humus est détruit périodiquement par les écobuages, et aussi, mais moins profondément, par les feux.

L'écobuage est également responsable de l'inaptitude à la dispersion du sol de l'horizon supérieur. En effet, d'après A. DEMOLON et G. BARBIER (10-11), après un chauffage à une température supérieure à 200°, l'argile est pectisée. Malgré l'absence de mesures, il n'est pas exagéré de penser que cette température est atteinte et même dépassée pendant un temps assez long au cours de la combustion en meule, et la terre, chauffée dans la masse, subit une véritable cuisson

Déjà dans le feu de brousse, très différent de l'écobuage puisque le sol, plus ou moins bon conducteur, n'est chauffé que par sa surface et que la combustion à l'air libre entraîne une déperdition considérable de chaleur dans l'atmosphère, la température du sol superficiel est parfois considérable.

Au Sénégal, H. MASSON (12) a observé 100 à 200° au-dessus de l'ambiance en surface pour un peu d'herbes clairsemées basses, et des températures plus élevées pouvant atteindre 700 et 800° pour un feu d'herbes touffues et hautes. La température maximum est atteinte en quelques minutes, mais le feu se propageant et se déplaçant rapidement, son effet est peu sensible à 2 cm. et nul au-dessous. En Californie, lors de l'incendie d'une lande, dont la végétation en partie ligneuse est différente de la brousse à graminées, A. W. SAMPSON (13) a noté une température de 400° atteinte en dix minutes en surface et de 200° après une demi-heure à 2,5 cm. de profondeur; le sol reprend la température de l'air en deux heures environ.

Dans l'écobuage, la combustion est moins vive mais dure plus longtemps, la terre absorbe une grande partie de la chaleur dégagée qui ne se dissipe que lentement dans l'atmosphère, mais la température atteinte dans la meule doit être également assez élevée et certainement supérieure à 200°.

Par contre, l'action de la chaleur paraît ne pas modifier ou peu, les propriétés absorbantes de l'argile et, même en tenant compte de la part prise par la matière organique dans la valeur T, celle-ci ne semble pas inférieure dans l'horizon superficiel, comme il ressort des chiffres correspondant aux horizons 3 et 4 du sous-sol.

La réaction est acide et le pH passe par un minimum peu accentué entre 20 et 80 cm.; V varie dans le même sens, présente un minimum entre 20 et 50 cm., et reste très faible jusqu'à 80 cm. L'horizon inférieur 4 est nettement mieux saturé et particulièrement riche en Ca; au contraire, les horizons supérieurs, 1 et 2, surtout, en sont pauvres, mais mieux pourvus en K échangeable qui correspond ici à une bonne teneur en K^2O assimilable.

Bien que, d'après R. CHAMINADE, le pH soit trop bas pour que l'on puisse supposer la présence de composés phosphohumiques (14), on constate cependant que les deux horizons supérieurs sont enrichis en acide phosphorique assimilable dont le taux, dans chacun d'eux, varie comme celui de l'humus suivant un rapport de proportionnalité voisin de 0,025. Ce fait est en accord avec les observations de R. CHAMINADE et de ses collaborateurs (15) sur un sol latéritique de Madagascar où P^2O^5 subit une insolubilisation rapide et intense. Dans ce sol de pH 5,8, l'addition d'acides humiques (0,2 et 0,5 ‰) permet dans une large mesure le maintien de P^2O^5 sous une forme utilisable par les végétaux.

S'il est pauvre en Ca et Mg., ce sol est bien pauvre en K^2O et relativement plus riche en P^2O^5 que beaucoup de sols tropicaux acides et lessivés comme lui, mais beaucoup plus pauvres en matière organique et en humus. Son inaptitude à la production de récoltes normales ne semble pas due à une déficience particulièrement marquée en aliments minéraux, mais plutôt aux conditions physiques du sol, humide et peu aéré, défavorables d'une part à l'activité microbienne et, en particulier, à la nitrification, malgré une teneur très élevée en azote organique et, d'autre part, au développement du système radiculaire des plantes cultivées adaptées à des milieux drainés et sains.

Dans un tel milieu défectueux, les plants végètent aux dépens d'une couche superficielle peu épaisse, la moins défavorable, mais insuffisante pour assurer un développement normal qui exige, sur un sol moyennement fertile, un volume de terre beaucoup plus considérable. Dans ce cas, l'effet bienfaisant mais temporaire de l'écobuage est dû à une amélioration sensible et passagère de la fertilité de cette couche superficielle peu épaisse. La modification du milieu physique est vraisemblablement faible, celle du milieu chimique est certainement plus importante.

La disparition d'une partie de la matière organique du sol le rend un peu moins apte à retenir l'eau, de même sans doute que la pectisation partielle de l'argile plus ou moins calcinée qui, en outre, donne une texture plus grossière et plus perméable; mais la part la plus grande revient peut-être au travail du sol nécessité pour la pratique même de l'écobuage qui le rend momentanément un peu plus perméable et aéré.

Les cendres alcalines laissées par la minéralisation de la matière végétale enrichissent considérablement la couche superficielle en éléments minéraux solubles autres que l'azote détruit par calcination. Cependant, l'évolution biologique de l'azote organique subsistant en azote minéral est également favorisée par l'élévation du pH et une alimentation minérale plus abondante, jointes à la légère amélioration possible des conditions physiques.

Toutes ces modifications, éloignant le milieu de son état d'équilibre naturel, sont évidemment fragiles et durent à peine le temps

nécessaire à une récolte. En une saison des pluies, les bases libérées sont entraînées verticalement par lessivation ou latéralement par ruissellement; la structure plus ou moins améliorée se dégrade également et les graminées reprennent possession d'un sol encore un peu plus pauvre.

En somme, si par le « Mouki » on peut périodiquement tirer parti de certains sols dégradés et pauvres, l'écobuage ne constitue pas une pratique susceptible d'améliorer la fertilité. Au contraire, il complète les inconvénients de tous les systèmes utilisant le feu, sans pour cela paraître plus néfaste que le feu de brousse habituel ou le défrichement par le feu, malgré une action plus profonde sur la couche superficielle du sol et en particulier sur la fraction minérale.

Dans une agriculture plus évoluée que celle des indigènes de la région, les sols humifères du plateau des Timbis profiteraient beaucoup, et de façon plus soutenue, d'un drainage soigné, mais peut-être difficile à réaliser qui, en assurant une décomposition plus normale de la matière organique, éviterait son accumulation excessive et rendrait utilisable par minéralisation de la matière organique, une réserve alimentaire importante.

Le drainage serait encore plus efficace s'il était associé à un chaulage modéré qui modifierait le pH dans un sens favorable à la vie microbienne. A. SUDRES (9) signale d'ailleurs un essai de régénération utilisant le drainage, le labour et les engrais verts, tentés en 1936, mais interrompu par la guerre, qui dès la troisième année avait donné de bons résultats.

BIBLIOGRAPHIE

1 WALKLEY (A.) — *J. Agric Sci.*, 1935, *25*, pp. 598-609
2. CHAMINADE (R.). — *Ann. Agro.*, 1946, n° 2, pp 119-32.
3 BRAY (R. H.) et WILLHITE (F. M.). — *Ind. Eng Chem* (Anal Ed), 1929, *1*, p. 144.
4. PIPER (C S.). — *Soil and plant analysis*, New York, 1944, pp. 187-8
5 TROSTEL (L. S.) et WYNNE (D. S.). — *J. Amer. Ceram Soc*, 1940, *23*, p 18.
6. TRUOG (E.) et DROSDOFF (M.). — Trans. 3 Int Cong, *Soil Sci*, Oxford, 1935, vol. I, pp. 92-95.
7. WAEGEMANS (G.) et DE LEENHEER (L.). — *Bull Agric Congo Belge*; 1946, *37*, pp. 127-49.
8. ALLISON (L. E.) et SCARSETH (G. D.). — *J. Amer Soc Agro*, 1942, *34*, pp. 616-23.
9. SUDRES (A.). — *L'Agro. Trop.*, 1947, n° 5-6, pp. 227-46.
10. DEMOLON (A.) et BARBIER (G.). — *Ann. Sci. Agro.*, 1937, p. 341
11. DEMOLON (A.). — *C. R. Acad. Sci.*, 1927, p. 542.
12. MASSON (H.). — *L'Agro. Trop.*, 1948, n° 3-4, pp 174-9.
13. SAMPSON (A W.). — Agri. Exp. St. Berkeley, Californie, Bull. n° 685, déc. 1944, 144 p.
14. CHAMINADE (R.). — *Ann. Agro.*, 1944, n° 1, pp. 1-53.
15 CHAMINADE (R.), SEGALEN (P.), VISTELLE (R.). — *Ann. Agro.*, 1947, pp. 530-5.

Les Sols du Moyen-Logone et de la zone de capture [1]

par

R. BÉTRÉMIEUX,

Chef de travaux de Laboratoire des services techniques et scientifiques de l'Agriculture des Colonies

Dans son cours moyen et inférieur, sensiblement à partir du sud de Laï, le Logone traverse la cuvette tchadienne dans une partie particulièrement plate, où sévissent annuellement des inondations s'étendant parfois très loin de part et d'autre des berges verticales et hautes de plusieurs mètres.

Cette plaine est constituée par les formations sédimentaires récentes de la cuvette tchadienne. Il en est de même pour la zone de capture du Logone par la Bénoué, entre Eré et Fianga, où les eaux empruntent les cours de la Loka et de la Kabia.

A la sortie des lacs de Fianga et de Tikem, le drainage se fait en direction E-W par le Mayo-Kébbi, affluent de la Bénoué. Là émergent, hors des alluvions tchadiennes, des terrains principalement granitiques et granito-gneissiques, parmi lesquels on trouve également, en bordure de la cuvette, des témoins de schistes métamorphiques autrefois plus importants et quelques roches intrusives basiques. La variété des formations géologiques s'y reflète par une varieté de sols, dont certains sont particulièrement intéressants du point de vue agricole.

ORIGINE DES ALLUVIONS DU BASSIN DU LOGONE

Toutes les hauteurs bordant la cuvette tchadienne lui ont fourni des sédiments dont l'épaisseur est actuellement très grande. De nos jours, le bassin du Logone reçoit ses alluvions des monts Karès et de l'Adamoua

Le massif des monts Karès est essentiellement granitique, avec quelques bandes métamorphiques (gneiss et schistes) relativement peu importantes. Il se prolonge au Nord par le massif de Yadé, identique, lui-même bordé, au Nord également, par des terrains granito-gneissiques.

Le massif de l'Adamoua est constitué par une puissante couverture de basaltes. La Wina le traverse sur la presque totalité de son cours; la M'Béré draine également une région fortement basaltique. Toutes deux donnent ensuite naissance au Logone Occidental.

(1) Cette étude a été publiée dans « L'Agronomie Tropicale ». Vol. III. n°s 3-4. 1948.

Ces roches volcaniques sont intéressantes par leur richesse minérale, notamment en alcalino-terreux, et la facilité avec laquelle elles s'altèrent pour donner des sols lourds et riches. Ceux-ci, repris par l'érosion, donnent des alluvions de même nature, comme à la sortie du massif basaltique à l'Ouest de Baïbokoum (profil W, tableau I) qui échouent plus bas dans la cuvette, mélangées et diluées par les apports moins riches et plus abondants des massifs granitiques.

Bien que ses effets soient assez difficiles à mettre en évidence en l'absence d'observations précises et systématiques, le vent joue un rôle non négligeable dans le transport et le remaniement des sédiments dans ces régions qui confinent au Nord avec le Sahara. Il souffle, en saison sèche, du N-NE et pousse jusqu'à une altitude de 1.800 m., d'après BRUEL, des nuages de poussières, qui obscurcissent l'atmosphère et masquent l'horizon pendant des journées entières avant de se déposer sur les régions plus humides, à végétation plus dense, du Sud (*).

S'alimentant notamment dans les parties basses de la plaine du Tchad et agissant en sens inverse du ruissellement et des cours d'eau, le vent tend à ramener les éléments fins vers leurs lieux d'origine et à modifier la répartition logique des alluvions fluviatiles.

Localement, par les rafales précédant les tornades et par des mouvements tourbillonnaires énergiques et fréquents en saison sèche, le vent érode les terrains nus, tels que les champs et les savanes ravagées par le feu chaque année, et leur enlève des particules fines et légères, minérales et organiques, qu'il transporte plus ou moins loin

LES SOLS DU MOYEN LOGONE ET DE LA ZONE DE CAPTURE

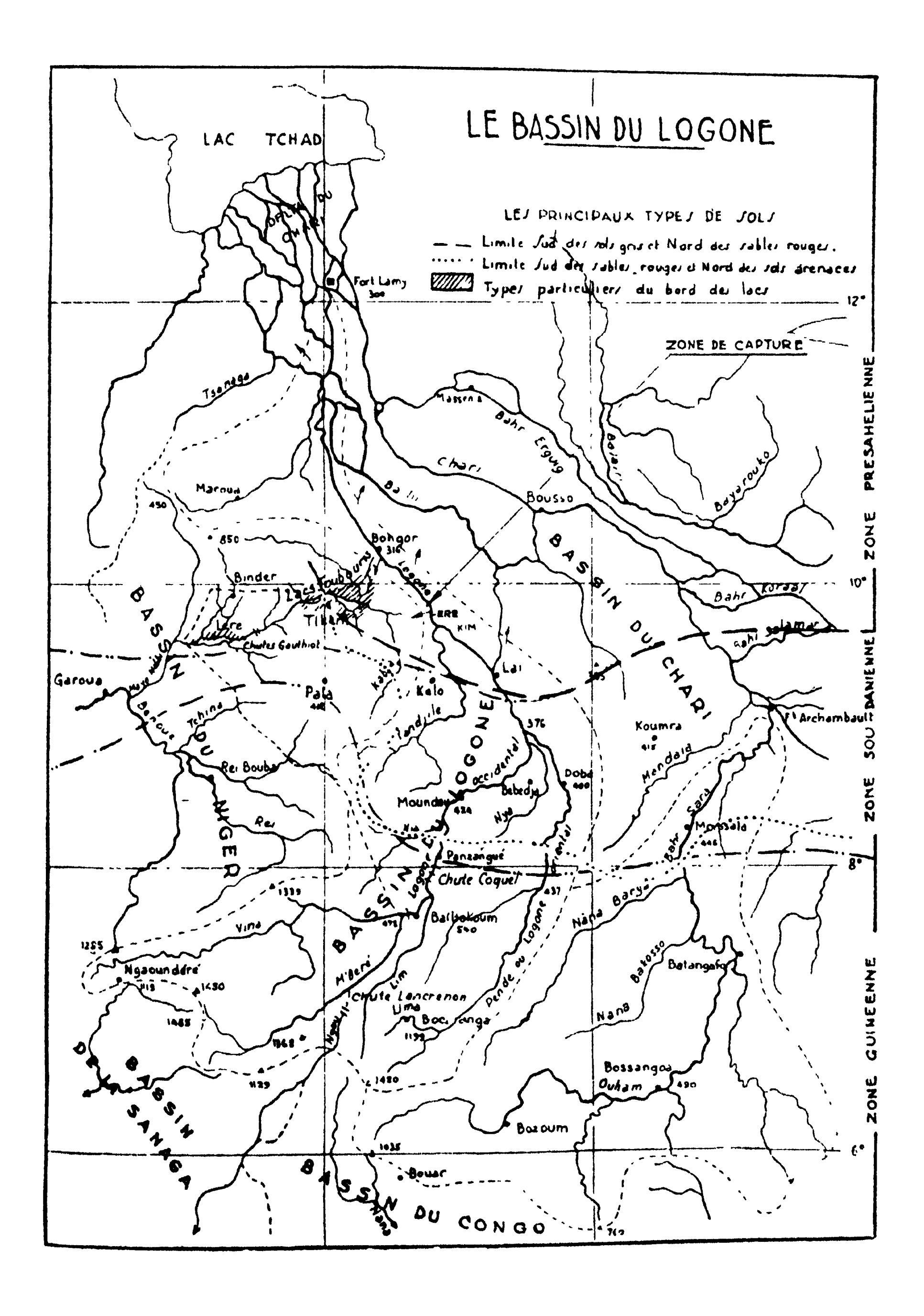
Au-dessous d'un horizon supérieur peu épais, grisâtre, les profils des sols, développés sur les formations sédimentaires récentes de la cuvette tchadienne, apparaissent d'une teinte gris clair, jaunâtre ou brunâtre. Dans les dépressions assez accusées, ils sont plus foncés et deviennent gris ardoise lorsque vaseux.

Texture. — Leur composition granulométrique, très variable, dépend essentiellement des conditions de dépôt des matériaux d'origine. Naturellement, les alluvions sont plus lourdes sur le Bas-Chari et le Bas Logone; les sables prennent de l'importance au fur et à mesure que l'on se rapproche des bords de la cuvette. Elles sont plus homogènes et plus lourdes sur la rive droite que sur la rive gauche plus basse, au-dessus de laquelle se fait l'écoulement au profit de la Bénoué.

En un même lieu, et avec le temps, les conditions de dépôt ont pu se modifier comme on le constate sur les berges des cours d'eau

(*) Des dépôts éoliens importants sur le lac Tchad ont eté signalés par le général TILHO.

(Logone, Tandjilé), sur certains profils et dans les dépressions où, par suite de variations assez brutales, on peut observer des lits d'argile grise compacte reposant directement sur des sables siliceux grossiers et même une alternance de lits d'argile et de sable (dépression des lacs de Fianga et Toubouri)



L'alluvionnement continue actuellement sur de grandes étendues; la nature des sédiments déposés dépend encore fortement du régime des eaux à la surface de la plaine (**).

Lorsque l'eau monte avec la crue et se retire également avec elle, les sédiments sont relativement légers, sablo-limoneux, en raison du courant qui subsiste toujours dans un sens ou dans l'autre, notamment sur la rive droite du Logone, où des communications existent avec la Ba-Ili et même le Chari.

Il n'en est pas de même lorsque l'inondation envahit une dépression où l'eau se trouve retenue à la décrue, s'infiltre et s'évapore avec concentration de toutes les matières solides en suspension, auxquelles s'ajoutent celles provenant du ruissellement sur les pentes voisines. Celui-ci est important dans cette plaine, pourtant plate, en raison de l'intensité des pluies tombant sur un terrain le plus souvent dénudé par le feu et dont l'horizon superficiel, à structure fine et poudreuse, est sensible à l'érosion de la nappe.

Dans ces conditions, le sol du fond des dépressions vastes et profondes, telles que celles des lacs de Fianga, de Tikem et des lacs Boro et Toubouri, est particulièrement lourd.

Le sont également, bien qu'à un degré moindre, les sols des dépressions plus petites et moins profondes, nombreuses dans toute la zone d'inondation. De part et d'autre des dépressions, les sols passent progressivement aux sols exondés plus légers.

Pratiquement, les sols sur alluvions sont uniquement constitués de terre fine, passant au tamis à trous ronds de 2 mm. de diamètre (Tableaux I et II). Parmi les éléments grossiers, en trouve, à côté de grains de quartz plus ou moins rubéfiés par des oxydes de fer, des nodules d'oxyde de fer et de manganèse, petits et durs, ou des concrétions plus grosses rappelant, suivant les cas, soit l'alios, soit les concrétions latéritiques rouges et plus tendres lorsque l'altération a été plus intense.

Dans la plaine d'inondation, sensiblement entre Laï et Bongor, les sols sont généralement légers en surface, sableux et sablo-argileux, plus lourds dans le sous-sol, qui peut être argilo-sableux ou argileux. Ils sont plus légers en dehors des limites des inondations et, surtout, la différence entre sol et sous-sol est moins nette, parfois nulle.

La fraction limon est peu abondante, surtout dans le sous-sol. Elle est mieux représentée sur la rive droite du Logone où, comme les alluvions, les sols sont sensiblement plus lourds et plus homogènes. Les sables fins et grossiers sont siliceux; leur abondance relative est très variable et il s'y ajoute de petites quantités de concrétions d'oxydes de fer et de manganèse.

(**) Les renseignements manquent encore quant au débit solide du Logone mais on peut le supposer important d'après la pente du fleuve.

TABLEAU I (*Analyses portant sur la terre fine*)

		Alluvions basaltiques du Logone occidental supérieur			Sols sur formations sédimentaires [illegible] tchadienne																	
					Hors inondations						Région inondée de la zone de [illegible] (de l'W [illegible])											
1	N° Profils (5)	W			1		12	13			14		7	6		3		4		5		1
2	N° Echantillons (I C)	W1	W 2	W 3	11	12	121	131	132	133	141	142	70	61	62	31	32	41	42	51	52	2
3	**Profondeur** (cm)	150	250	400	20	75	surface	15	50	120	10	45	10	10	40	10	40	10	35	35	70	3
4	**Terre fine** (%)	100	100	100	100	100	97 1	100	100	99 5	100	100	99 7	100	99 7	100	99 6	95	95 5	98 9	99 0	4
	Analyse mécanique (1)																					
5	argile	75 25	23,0	78 0	4,5	4 65	9 75	24 0	20,2	15 85	3 9	8,25	30,4	15,7	44 2	5 5	19 8	11 8	46 0	30 8	25 75	5
6	limon	19 8	10 75	21 4	0,6	1 8	3 80	11 75	5 85	9 45	6 2	3 05	9 9	12 8	27 1	5,4	3 4	15 7	5 15	28 6	26 2	6
7	sable fin	4,4	65,15	0 15	62,25	65,0	54,2	58 4	69,1	64 65	83 2	83 3	42 3	61 3	5 4	59 7	39 2	52,15	17,8	36 5	37 05	7
8	sable grossier	0,2	0,55		32,45	27,85	31 6	4,15	4,15	9,65	6,1	5 0	13 7	9 6	22 8	28 8	37 4	19 7	30 8	3 55	10 35	8
9	matière organique	0,35	0 55	0 75	0,2	traces	0,65	1,70	0,5	0,4	0 6	0 4	3 7	0 6	0 85	0 3	0 2	0 65	0 35	0 55	0 65	9
10	Azote organique (N ‰)	—	—		-	—	-	-		—	—	—	1 91	1 11	0 63	0,87	0 59	1 94	0 86	—	—	10
11	Calcaire	0	0	0	0	0	traces	0	0	0	0	0	traces	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	Bases echangeables (% de S) (2)																					
12	Ca^{++}	72,15	76 0	63,2	78 4	66 35	73,85	89 2	88,8	-	63,85	64 55	-	56 0	69 0	73 5	73,75	78 70	76 0	58 95	52 15	12
13	Mg^{++}	20 8	15.6	31,6	--	26 3	5,6	3 0	traces		21,80	6,1	-	38 0	23,8	16,2	3 9	1,85	—	34,3	31 6	13
14	K^{+}	4,5	6,8	4 2	7 05	5 25	12 15	5 25	7,15	-	13,75	17,95	-	6 0	3 2	6,5	11 35	8,05	1 85	0 6	5,85	14
15	Na^{+}	2 55	1,6	1,0	--	2 1	8 4	2 55	3 95	-	0,6	11 4	--	—	—	3 8	11 0	11,40	—	6 15	10 40	15
16	Bases ech totale (S) (3)	20,85	11,2	22 75	1 85	0 95	5 35	6 65	5 40	-	1 6	2 45	15 7	5 0	7 8	1 85	2 55	5 35	12 0	8 6	8,55	16
17	Hydrogene ech (H) (3)	6 35	4 9	10 4	0 85	0,4	0 6	4,2	2 85		0 8	1 65	-	2 2	1 2	1,75	2 15	13 65	3 6	10,9	11,55	17
18	Capacité d'échange (T) (3)	27 2	16 1	33 15	2 7	1 35	5 95	10,85	8,15		2 4	3 1		7 2	9 0	3 6	4 7	19,0	15 6	19 5	20 0	18
19	$V = \frac{S}{T} \cdot 100$ (%)	76 5	69 5	68 5	68 5	70,0	90 0	61 5	65 0	--	67 0	79 0	--	69 5	87 0	51,5	54 5	28,2	77 0	44 0	43 0	19
20	pH (electrode de verre)	6 1	4 75	4 7	6 05	6 3	6 9	5 1	5 2	5 6	5 4	5 7	7 4	5 2	5 35	5,35	4 65	5,5	5,7	4,5	4,75	20
21	Ca/Mg	3 5	4 85	2 0	---	2 5	13 2	29 7	—	-	2 9	10 5	—	1 45	2 9	4 45	19,0	42 5	—	1,7	1 65	21
	Elements assimilables (4)																					
22	Potasse (K_2O)	44 5	36 0	45 0	6 0	2 5	31 0	16 5	18 0	-	10,5	21 0	—	14 1	11,75	5,5	13 5	19,0	9 5	2 35	23,5	22
23	Acide phosphorique (P_2O_5)	1,2	5 9	4 0	1 1	0,25	—	1 4	1 0	0,9	—	—	4,25	1 25	2,6	0 65	0 4	1 45	0 90	2 20	1,2	23
24	Fer libre (Fe_2O_3) %	--	—	—	0,16	0,10	—	--	—	=	-	--	—	--	—	0,16	0 36	2 08	0 38	—	—	24

(1) Methode internationale % terre fine sechee a 105° — (2) Y compris pour tous les échantillons des traces de chlorures solubles — (3) En milli-equivalents pour 100 g de terre fine — (4) En milligrammes pour 100 g de terre fine, K_2O K_2O ech P_2O_5 soluble acide citrique — (5) Localisation des profils W de Baibokoum, rive droite de la Wina — 1 15 km S-E de Tikem sur route Tikem-Gounou Gaya — 12 13-14 Marfoudai — 6 et 7 10 km W de Ere — 3 3 km W de Ere — 4 1 5 km W de Ere — 5 Ere rive gauche du Logone

La matière organique est peu abondante et son pourcentage est rarement supérieur à 1 ; l'humus, encore moins abondant, dépasse rarement 0,05 % sous forme précipitable par les acides.

Structure. — On remarque toujours une différence très grande entre la partie supérieure, qui correspond assez bien à l'horizon humifère gris ou brun plus ou moins foncé, et le sous-sol. La partie supérieure a une structure fine et le sol, divisé par le chevelu des racines, se résoud facilement en poussière. Immédiatement au-dessous, il devient compact. La compacité croît rapidement avec la profondeur, et le sous-sol, même de texture légère, devient aussi dur que la pierre et s'oppose énergiquement à la pénétration de n'importe quel outil. Lorsque le sous-sol est encore légèrement humide en profondeur, la compacité est beaucoup moins forte

Cette compacité est due, en général, au colmatage des éléments grossiers par entraînement mécanique de haut en bas d'éléments plus fins. Le fait est particulièrement net pour les sols inondés, où l'argile a migré de façon particulièrement intense. Mais cette migration n'est pas absolument nécessaire puisqu'un sol très léger à 75 cm de profondeur (profil I) est relativement très compact

L'état de plus ou moins grande dispersion de l'argile est également à considérer. Le complexe absorbant est riche en magnésium et également en sodium échangeables au détriment du calcium. Ces cations qui augmentent l'affinité du sol pour l'eau favorisent la dispersion des colloïdes argileux qui, par dessiccation, donnent avec le squelette siliceux une masse compacte pouvant prendre une structure grossièrement prismatique lorsque l'argile est suffisamment abondante par rapport au sable qui joue le rôle de dégraissant.

Cet état partiellement dispersé favorise également la migration en profondeur de l'argile dans les sols inondés par les eaux alcalines et douces du Logone.

Nature de l'argile. — Des analyses thermiques différentielles effectuées sur des argiles (éléments inférieurs à 0,002 mm.) extraites des échantillons LC 12, 42, 370 et W_1, ainsi que des diagrammes de rayons X, montrent que la fraction argileuse de ces sols est constituée de kaolinite, à laquelle s'ajoutent généralement un peu de quartz fin et d'hydroxydes cristallisés (1) (2).

Il semble apparaître parfois (LC 370, W_1) de petites quantités d'illite (2) et cela ne serait pas sans rapport avec la fertilité de ces alluvions lourdes

(1) L'étude minéralogique des argiles a été effectuée au Laboratoire de Minéralogie du Muséum d'Histoire Naturelle par Mlle S. CAILLÈRE et S. HENIN, Directeur du Laboratoire des Sols du Centre National de Recherches Agronomiques de Versailles.

(2) C R Acad. Sci., 1947, t. 225, p 818-20.

TABLEAU II (*Analyses portant sur la terre fine*)

	Sols sur formations sédimentaires de la cuvette tchadienne											Sols du Mayo Kebbi supérieur									
	Vallée du Logone (du S au N)									Vases		sur granito gneiss		Terres noires		Terres jaunes (du N au S)					
1 N° Profils (5)	33	32			34			1	15	17	8	9	11	10		25	24	26	27		1
2 N° Echantillons (LC)	330	321	322	323	341	342	344	312	150	170	80	90	110	101	102	250	240	260	271	272	2
3 Profondeur (cm)	25	15	35	55	15	50	10	50	0-10	0-30	0-20	20	20	0-15	40	0-10	0-10	0-10	5-20	70	3
4 Terre fine (%)	97,4	99,7	98,8	78,6	96,0	100	99,8	97,4	96,4	99,0	100	99,8	96,1	97,5	97,5	86,6	99,75	100	87,5	83,5	4
Analyse mécanique (1)																					
5 argile	25,75	7,6	12,8	10,[illegible]	21,9	27,65	19,5	25,0	50,75	59,0	56,5	7,25	27,2	3,8	34,4	42,25	44,0	15,6	53,0	52,5	5
6 limon	8,90	3,05	1,95	5,9	33,0	27,55	20,25	3,85	19,5	8,0	8,1	7,55	6,55	16,5	27,4	11,2	26,0	23,4	19,1	18,75	6
7 sable fin	21,85	47,0	53,0	4[illegible],3	18,9	31,40	47,9	21,70	31,6	27,[illegible]	31,85	51,65	39,75	43,25	32,85	29,7	20,6	57,65	24,4	25,1	7
8 sable grossier	43,0	41,4	32,0	36,2	24,8	12,40	10,85	49,1	7,[illegible]	4,[illegible]	2,55	34,2	25,7	5,15	4,65	15,6	7,95	2,1	2,8	3,1	8
9 matière organique	0,5	0,95	0,25	0,2	1,4	1,0	1,5	0,55	0,65	1	1,0	0,55	0,8	1,1	0,7	1,25	1,45	1,25	0,7	0,55	9
10 Azote organique (N p. mille)		1,73	0,73	0,42	1,57	0,53	1,34	0,61		1,41	0,2		0,66	1,1	0,46				0,58	0,54	10
11 Calcaire	0	0	0	0	0	0		0	traces	traces	0	0	0	traces	traces	traces	0	0	traces	traces	11
Bases échangeables (% de S) (2)																					
12 Ca++	91,6	85,4	83,75	86,9	67,1	93,0	72,15	63,85	73,9	85,45	67,55	68,75	69,3	78,9	74,[illegible]		81,[illegible]	62,5	72,45	72,55	12
13 Mg++	4,6	4,3	4,15	traces	5,7		22,2	24,6	18,2	10,05	30,4	30,2	26,85	18,3	24,2	—	6,2	12,8	14,10	15,70	13
14 K+	4,3	5,7	5,0	8,7	9,5	—	3,05	9,35	1,9	4,65	1,55	0,8	3,3	2,3	0,8		2,1	8,3	2,10	1,95	14
15 Na+	—	4,6	7,1	4,35	17,7	—	2,6	2,2	6,0	1,85	0,7	0,25	0,55	0,5	0,6		10,3	—	11,35	9,80	15
16 Bases éch. totales (S) (3)	6,5	3,6	2,4	2,3	5,25	7,0	6,55	6,3	23,85	32,35	25,95	3,65	10,6	43,75	44,95	—	20,15	6,25	26,25	25,5	16
17 Hydrogène éch. (H) (3)	2,75	1,0	0,9	0,7	16,25	—	5,95	0,2	7,15	—	4,55	1,35	0,6	0	0	—	2,25	3,0	0	0	17
18 Capacité d'échange (T) (3)	9,25	4,6	3,3	3,0	21,5	—	12,5	6,5	31,0		30,5	5,0	11,5	—			22,4	9,25	—	—	18
19 $V = \frac{S}{T} \cdot 100$ (%)	70,0	76,0	70,5	76,5	24,5		52,5	97,0	77,0	—	85,0	73,0	92,5	-	-	-	90,0	68,0	-	-	19
20 pH (électrode de verre)	5,3	5,45	5,9	5,95	4,4	4,45	5,25	5,5	6,4	7,15	7,9	5,3	5,9	7,8	8,0	7,25	5,8	5,15	7,[illegible]	8,0	20
21 Ca/Mg	19,8	19,8	20,2	—	11,8	-	3,25	2,6	4,05	8,3	2,2	2,25	2,6	4,3	3,1	—	15,0	4,9	5,15	4,6	21
Eléments assimilables (4)																					
22 Potasse (K_2O)	13,0	9,5	5,5	9,5	23,5	—	9,5	28,0	21,5	70,5	16,5	1,5	16,5	47,0	16,5	-	21,0	24,5	26,0	23,5	22
23 Acide phosphorique (P_2O_5)	0,9	1,35	1,2	0,55	4,4	2,0	—	—	5,75	32,8	1,35	—	0,7	0,5	1,35	3,8	1,0	—	1,0	0,70	23
24 Fer libre (Fe_2O_3 %)	0,77	0,61	0,63	0,52	2,57	2,86	0,98	0,48	—	1,75	1,70	0,36		1,46	1,35	-	-		1,23	1,17	24

(1) Méthode internationale % terre fine séchée à 105° — (2) Y compris pour tous les échantillons des traces de chlorures solubles — (3) En milliéquivalents p. 100 g de terre fine — (4) En milligrammes pour 100 g de terre fine, K_2O : K_2O échangeable, P_2O_5 soluble acide citrique — (5) Localisation des profils : 33 : 8 km S-SW de Kéré — 32 : 4 km S-SW de Kéré — 25 km N de Laï rive droite du Logone — 31 : 10 km E de Tchire Simena, entre Logone et Tandjilé — 35 : Bougdan, rive droite du Logone — 37 : Ambecehre au N de Kaïal rive S du lac Tchad — 8 : Lac Toubouri — 9 : Nimbakri — 10 : W de Youhé — 11 : Daoua — 24-25 : Fieng — 26 et 27 : Tikem.

La nature kaolinique constante de l'argile se reflète d'ailleurs, compte tenu des variations locales dues aux effets inverses d'un régime hydrique dominant soit descendant, soit ascendant, par une relation assez étroite entre le pourcentage d'argile et le total (S) des bases échangeables du complexe absorbant pour 100 g. de sol.

Evolution des sols. — Malgré des précipitations annuelles de l'ordre de 1.000 mm., mais réparties seulement sur quatre mois environ, le climat du moyen Logone est chaud et sec. L'évaporation y est intense et peut être évaluée à peu près au double des précipitations. L'indice d'aridité y varie en gros de 30 au Sud à 20 au Nord (1).

Mais le climat du sol qui, seul, intervient en définitive comme facteur d'évolution, est ici beaucoup plus varié malgré l'uniformité du climat atmosphérique. Ses variations locales, commandées par le régime de l'eau à la surface du sol, se caractérisent par une humidité plus ou moins prolongée, et par le sens dominant du mouvement de l'eau, descendant ou ascendant.

Les sols du moyen Logone subissent tous, à un degré plus ou moins grand, un lessivage partiel provoquant la migration en profondeur de l'argile, un entraînement des bases échangeables du complexe absorbant accompagné de variations du pH, et une altération sensible des colloïdes minéraux avec mise en liberté d'hydroxydes de fer et d'alumine, et également d'oxydes de manganèse

Les sols exondés sont caractérisés par un climat du sol sec Une partie des pluies ruisselle à leur surface, l'autre s'y infiltre jusqu'à une nappe phréatique profonde où l'eau ne peut guère être reprise par ascension capillaire et évaporation. Ils sont peu affectés par le lessivage, leur pH est relativement élevé et l'altération peu sensible.

Il en va tout autrement dans les zones inondées, où une forte humidité persistant plus ou moins longtemps après la fin de la saison des pluies et un lessivage généralement plus important que l'ascension capillaire, modifient complètement le climat du sol dont l'action est beaucoup plus marquée.

L'examen des profils révèle des taches ocre d'oxydes de fer et des concrétions brun-foncé ou noires d'oxydes de fer et de manganèse, petites et nombreuses, qui tranchent sur la teinte claire des profils. Parfois, lorsque le sous-sol reste humide par suite du drainage défectueux ou de la présence de la nappe phréatique toute proche, il apparaît des marbrures brunes et bleu-verdâtre caractéristiques des horizons de gley, où le fer existe également sous forme réduite, ce qui facilite ses déplacements en solution vers le bas ou vers le haut comme le montrent les pourcentages d'oxyde de fer libre, dans les profils 3 et 4 notamment.

---

(1) Indice d'aridité de E. de Martonne $Ar = \frac{P}{T + 10}$

L'altération est plus intense au Sud qu'au Nord, l'oxyde de fer est plus abondant et il s'y ajoute des quantités notables d'alumine (profils 34 et surtout 32 et 33); les concrétions d'oxydes y sont plus nombreuses et plus grosses, du type alios ou latéritique.

Les sols inondés ont un pH généralement situé entre 5 et 6, parfois faible, inférieur à 5, et associé à un coefficient de saturation V, par ailleurs très variable, également faible. Dans ces cas, le complexe absorbant contient des quantités notables de fer et surtout d'aluminium sous forme échangeable, ce qui dénote une altération intense.

Vers le Nord, sur le bas Logone et le bas Chari, les sols sont plus lourds, moins perméables et la sécheresse plus grande. Le climat du sol y varie parallèlement vers une aridité plus forte. Le lessivage est moins intense, l'évaporation prend de plus en plus d'importance et le pH se rapproche de la neutralité (LC 350 et 370).

Parmi les sols inondés du moyen Logone, les faibles dénivellations, qui dominent de quelques décimètres le niveau des eaux, attirent l'attention par leur teinte noire ou brune très foncée et souvent par d'abondantes concrétions argilo-calcaires apparaissant à la surface

On les rencontre notamment en bandes parallèles au fleuve entre le Tandjilé et le Logone, sur le pourtour du lac Boro, dans le Ba-Illi. Des éminences plus petites ou d'anciennes termitières (LC 70), analogues à ces terres noires, sont nombreuses dans toute la plaine d'inondation et sont même cultivées sur la rive gauche de la Tandjilé, au Nord de Kélo, où la population est dense.

Dans ces terres noires, l'évaporation et l'ascension capillaire, aux dépens d'une nappe d'eau libre voisine et peu profonde dans le sous-sol, l'emportent sur l'infiltration des eaux de pluie. Le milieu s'enrichit en minéraux et en sels, calcium et carbonate de calcium surtout. Le milieu devient neutre ou alcalin, ce qui favorise la formation relativement abondante d'un humus très coloré de l'ordre de 0,1 %; la matière organique totale est elle-même plus abondante qu'ailleurs (LC 70 : 3,7 %).

Parfois, certaines de ces terres présentent des effondrements du sous-sol et s'apparentent aux terres « moursi » du Méma dans le delta central nigérien.

Les grandes dépressions. — Le fond des dépressions, vastes et profondes, des lacs de Fianga et de Tikem, les lacs Boro et Toubouri, où passent, séjournent et s'évaporent de grandes masses d'eau chargées d'alluvions, est recouvert d'une vase homogène gris-ardoise, très lourde, reposant souvent sans zone de transition sur des éléments siliceux.

Cette vase imperméable subit à la dessiccation un retrait considérable et apparaît en blocs compacts de la forme et du volume d'un gros pavé. Elle est colorée par des matières organiques et des

composés du fer minimum, dont la production est favorisée par le caractère fortement réducteur du milieu périodiquement submergé. En saison sèche, à la faveur de l'évaporation, le fer réduit migre vers la surface des blocs, où il apparaît sous forme d'oxyde ferrique rouille, abondant à certains niveaux du sous-sol.

Comme exemple, la vase du lac Toubouri (LC 80), constituée à la fois d'argile et de sable fin, a un complexe absorbant assez bien saturé, riche en magnésium et pauvre en alcalins. Son imperméabilité la protège d'un lessivage trop poussé dont les effets ne se font guère sentir dans les sables sous-jacents. La fraction argile y est encore constituée de kaolinite avec une surcharge de quartz fin et peut-être présence d'illite.

La vase de la rive sud du lac Tchad (LC 370), la plus grande des dépressions, est analogue à la précédente, mais elle subit l'influence d'un climat beaucoup plus aride (Ar de l'ordre de 10) Sa réaction est alcaline; on y trouve quelques petites concrétions calcaires et un peu de sulfates solubles. Son complexe absorbant est plus riche en calcium et en alcalins.

Classification des sols. — Les sols du moyen Logone appartiennent au groupe des sols des régions tropicales sèches. Ils font la transition entre les sols à évolution latéritique du Sud et les sols semi-désertiques et désertiques du Nord.

Les sols exondés peuvent être dénommés « sols bruns steppiques » ce qui rappelle non seulement leur couleur générale, mais également l'aridité du climat et leur évolution faible.

Les sols inondés, plus lessivés et plus altérés, qui présentent de grandes analogies avec les sols lessivés et les sols podzoliques des régions tempérées, en sont un sous-type dégradé, que l'on peut classer dans les sols « vlei » suivant la terminologie africaine désignant les sols de dépressions soumises à une humidité saisonnière

Vers le Sud, les sols bruns passent progressivement à des sols rubéfiés, formés également sur alluvions et peu différents par ailleurs, où la latéritisation commence à se produire, mais progresse assez lentement, par suite d'une aridité encore forte (Ar légèremen supérieur à 30). Ce sont des « sols rouges substeppiques » passant plus au Sud à des sols nettement plus latéritiques, où l'on trouve d'importantes concrétions latéritiques en affleurements comme au Sud de Kélo, entre Moundou et Doba, et des cuirasses à nu (bowé) comme au Sud de Fort-Archambault.

La limite sud des sols bruns est représentée approximativement par une ligne passant par le massif granitique situé au NW de Fort-Archambault, au N de Koumra, entre Kéré et Bécongo pour remonter ensuite vers le NW en passant à proximité de Kélo et de Gounou-Gaya par le Sud. Cette ligne représente également à peu près la limite nord des dernières ondulations importantes du relief en bor-

dure de la cuvette tchadienne. Elle a une allure analogue à celle des isohyètes de cette région et se confondrait sensiblement avec l'isohyète 1050. Elle est aussi voisine de la limite nord de la zone soudanienne.

Vers le Nord, les sols bruns steppiques prennent rapidement un caractère plus aride grâce à la croissance de l'aridité du climat (particulièrement rapide à partir de l'isohyète 1.000 qui passe légèrement au Nord de Bongor), mais également grâce à la plus grande finesse des particules élémentaires des sols qui deviennent moins perméables.

Les terres noires émergeant parmi les sols vlei sont aussi des sols vlei, mais on peut déjà les considérer comme des terres noires et brunes subtropicales, groupe de sols fertiles et très diversement représentés dans le monde, également dénommées « teen suda » par les Anglais selon un terme soudanais. Le rapprochement serait plus exact pour les sols plus lourds et plus arides signalés au paragraphe précédent et placés dans les mêmes conditions de régime de l'eau.

Valeur agricole. — D'après ce que nous avons vu précédemment, plusieurs des caractéristiques des sols du moyen Logone, intervenant dans l'appréciation de leur fertilité, varient d'une façon générale dans le même sens pour une variation en sens inverse de la topographie. La teneur en argile, la richesse minérale du complexe absorbant, la capacité de rétention de l'eau et l'alimentation en eau du sous-sol augmentent lorsque la topographie s'abaisse.

Ces sols ne sont pas pauvres en eux-mêmes et ils doivent cette qualité à leur caractère de sols des régions tropicales sèches.

Le facteur limitant leurs possibilités est plutôt l'eau, qui peut intervenir de deux façons également importantes, par défaut ou par excès :

1° L'eau est insuffisante en quantité et surtout n'est disponible pour la végétation que pendant un temps trop court correspondant à la durée de la saison des pluies. C'est le cas des sols exondés légers, où la sécheresse s'ajoute à la pauvreté minérale pour en faire des terres peu intéressantes;

2° La qualité des sols s'améliore plus bas dans la plaine, mais les possibilités agricoles peuvent y être limitées par la submersion périodique;

Si le niveau de la crue au-dessus du sol est convenable, la culture du riz est indiquée;

Si ce niveau est trop élevé, le terrain n'est pas utilisable pendant le développement de la crue, sauf pour le riz flottant. Il le devient à la décrue où, mise à part la culture du mil « berbéré », repiqué en suivant le retrait des eaux, il porte surtout des pâturages d'arrière-saison, qui profitent plus ou moins longtemps de l'humidité des dépressions et sont d'une importance capitale pour le bétail, qui ne peut trouver ailleurs son alimentation en saison sèche.

Les sols du moyen Logone sont très pauvres en acide phosphorique assimilable (1 à 2 mg. de P_2O_5 pour 100 g. de terre), mais ils sont moyennement pourvus en potasse assimilable (10 à 20 mg. de K_2O pour 100 g.)

La répartition des bases échangeables dans le complexe absorbant y subit des variations assez larges. Le calcium est toujours l'élément dominant, légèrement plus faible dans la zone de capture, où le magnésium et le sodium deviennent parfois relativement abondants, le premier en surface, le second dans le sous-sol.

L'importance de ces deux cations a déjà été signalée à propos de la mobilité de l'argile. Ils contribuent également à accentuer l'érosion de ces sols, déjà sujets à un entraînement mécanique intense de par leur structure souvent poudreuse. On constate d'ailleurs, qu'imbibés d'eau, ils perdent toute cohésion et forment une boue fluide; même des mottes sèches et dures se désagrégent immédiatement au contact de l'eau. Agités avec de l'eau distillée ils donnent des suspensions stables pendant plusieurs heures, tenant même souvent plus de vingt-quatre heures.

Le rapport moléculaire Ca/Mg, très variable, y est parfois très bas et, dans ces conditions, il est à craindre un effet dépressif de l'excès de magnésium sur l'assimilation du potassium qui exagère le besoin originel du sol en cet élément.

Dans la région méditerranéenne, P. BOISCHOT et G. DROUINEAU (1) ont constaté ces cas d'antagonisme pour un rapport Ca/Mg de l'ordre de 4. Ici, il est souvent inférieur à ce chiffre.

Cependant, la faiblesse de ce rapport ne semble pas devoir être préjudiciable au riz pour lequel a été signalée au Japon une valeur optimum de 1. Le coton supporterait également une forte proportion de magnésium dans le complexe absorbant

Dans les terres exondées, au milieu de la plaine d'inondation et, vers le Nord, dans les alluvions plus lourdes soumises à un climat plus aride, la richesse minérale, toujours plus forte en potasse, est plus grande et rejoint celle des alluvions d'origine basaltique du Logone occidental supérieur, qui est elle-même nettement dépassée dans la vase des bords du lac Tchad (LC 370), très fertile et cultivée intensivement par les riverains.

En définitive, la fertilité des sols de la vallée du Logone, moyenne au Sud, plus élevée au Nord, sur le cours inférieur et le bas Chari, est maintenue à l'état latent par défaut d'humidité. Un apport d'eau par irrigation lui permettrait de se manifester, en prolongeant la période de végétation au delà de la saison des pluies.

Les aménagements hydrauliques nécessaires ne peuvent guère être envisagés de façon économique que vers le bas-Chari. Sur le

(1) C R. Agri. Acad., 1941, p. 36.

Logone, et surtout le Logone moyen, les conditions locales sont par trop défavorables et les possibilités s'y réduisent à une meilleure utilisation des inondations pour la riziculture sur les terres les plus lourdes, à la fois par des mesures de protection contre la crue et par la retenue des eaux à la décrue grâce à un système de casiers et de vannes.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des dosages de sels solubles effectués sur les eaux du Logone et du Chari par le laboratoire du service des Mines de Brazzaville. Bien que contradictoires, nous y avons ajouté quelques chiffres relatifs au Niger.

	Milligrammes par litre				
	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Eléments solubles totaux
Logone occidental (Moundou)	0,18	0,37	14	3,2	50 (a)
Logone oriental (Doba) . . .	0,20	0,5	12	2,1	51 (a)
Logone (Fort-Lamy) . .	0,14	1,2	40	2,8	120 (b)
Chari (Bousso)	0,09	0,37	16	2,8	40
Chari (Fort-Lamy) . .	0.12	0.5	14	3,2	50
Niger (1) . . .	0,1	0,5	0 2	—	(2) 20 à 110

Prelevements faits a) au voisinage du maximum de la crue.
b) au debut de la crue

Les eaux du Logone sont pauvres en sels solubles qui s'y trouvent sous forme de silicates et de bicarbonates. Le chiffre élevé donné par le Logone à Fort-Lamy au début de la crue peut s'expliquer par le ruissellement des premières pluies sur les savanes brûlées.

D'après les éléments solubles totaux, dont les teneurs les plus faibles correspondent aux périodes de crues, les eaux du Logone sont notablement plus riches que les eaux du Niger qui n'ont de comparable que la teneur en K_2O. Elles sont nettement plus pauvres que les eaux du Nil qui, au Caire, transportent en solution 120 à 200 mg. de sels par litre (dont 5 à 25 mg. de chlore).

Les eaux du Logone, alcalines (pH 7,7 à Laï en mai) et dépourvues de chlorures et de sulfates, conviennent à l'irrigation.

On ne peut guère attendre d'effets fertilisants de leurs sels. Pour des eaux aussi pauvres en chaux, il est plutôt à craindre un effet néfaste de dispersion et de lessivage analogue à ce qui se produit dans les sols inondés. Quant aux limons transportés, nous n'avons aucun renseignement sur leur qualité et leur quantité.

(1) D'après une analyse du laboratoire de Ségou citée par V FROLOW, le Niger Moyen, étude potamologique, Thèse Paris 1934, p. 74.

(2) E L. BELIME, les Travaux du Niger, 1940.

LES SOLS DU MAYO-KEBBI SUPERIEUR

Les sols arénacés. — En aval de Fianga et de Tikem, le Mayo-Kébbi traverse en direction E-W une région granito-gneissique relativement accidentée, sur laquelle s'étend une arène granitique à éléments souvent grossiers, de teinte claire ou légèrement rubéfiée.

Ces arènes sont sèches et généralement pauvres. Les échantillons LC 90 et 110 sont deux exemples de sols cultivés au nord du lac Toubouri. L'un (LC 110), argilo-sableux, est assez fertile. L'au tre (LC 90), sableux et plus lessivé, est peu fertile. Leur complexe absorbant est pauvre en alcalins, mais riche en magnésium, avec un rapport Ca/Mg faible, qui peut nuire à l'assimilabilité de la potasse et exagérer le déficit en cet élément (Tableau II)

Ces sols se classent également, soit dans les sols bruns steppiques, soit dans les sols rouges substeppiques; la rubéfaction a tendance à s'accentuer vers l'Ouest et le Sud.

Les terres noires et jaunes. — Au milieu de ces sols arénacés pauvres, se rencontrent, de part et d'autre du lac Toubouri, au voisinage de Tikem et de son lac, et plus au Sud également, des terres très fertiles, recouvrant une superficie peu importante, mais non négligeable.

On y distingue des terres noires (1) ou brun foncé (terres noires), les moins représentées, et des terres plus claires, brun jaunâtre (terres jaunes).

Ce sont des sols épais présentant en saison sèche des fentes de retrait profondes et larges de quelques centimètres, dessinant des polygones dont le diamètre varie de 0,5 à 1 m. Ces fentes sont plus marquées sur les sols cultivés à peu près nus que sur les sols en friche ou portant une végétation naturelle plus développée.

Leur texture est homogène grâce au brassage se produisant au début de la saison des pluies par le canal des fentes de retrait qui facilitent l'infiltration des premières pluies violentes et réduisent le ruissellement et l'érosion à laquelle ces terres sont sensibles.

Elles sont argileuses et plus riches en limon que les sols voisins ou les sols du moyen Logone. Parmi les sables, les sables fins dominent; une quantité de matière organique supérieure à 1 % n'y est pas rare (Tableau II).

Leur structure varie avec la profondeur. En surface, elle est grossièrement grumeleuse; les agrégats sont assez friables. Ils deviennent ensuite de plus en plus gros, de plus en plus polyédriques et de plus en plus durs.

(1) La couleur foncee des terres noires tropicales n'a pas encore reçu d'explication satisfaisante. Ici, pour les terre noires, peu fournies en matière organique et en humus, on peut se demander si elle n'est pas due à une abondance paticulière de bioxyde de manganèse comme le laisserait à penser la réaction violente au contact de l'eau oxygénée diluée.

On y trouve quelques éléments grossiers d'un diamètre supérieur à 2 mm. Il y en a peu dans les terres noires, où l'on note des débris de quartz filonien des anciens schistes métamorphiques ayant participé, au moins partiellement, à la formation de ces sols, quelques concrétions d'oxydes de fer et de manganèse, et des petits nodules calcaires gris.

Dans les terres jaunes, les éléments grossiers sont souvent plus abondants et de plus grandes dimensions; ils peuvent atteindre la grosseur d'un œuf. Ils sont alors constitués par des nodules argilo-calcaires durs (65-70 % de CO_3Ca) englobant de petites concrétions d'oxyde de fer et de manganèse.

Par le fait de l'érosion, ces éléments grossiers sont abondants à la surface du sol sur lequel ils semblent tombés Les concrétions calcaires sont plus nombreuses dans la partie supérieure, où elles doivent se former, mais on en rencontre également à n'importe quel niveau par suite de leur entraînement dans les crevasses.

Les terres noires et jaunes typiques sont alcalines et leur complexe absorbant est saturé Les secondes se distinguent des premières par une richesse relative inférieure, bien qu'encore importante, en magnésium échangeable, et surtout par une richesse bien plus grande en sodium. Mais une différence plus essentielle est relative à la nature de leur fraction argileuse.

L'argile des terres jaunes est analogue à celle des sols du bassin du Logone, c'est-à-dire constituée de kaolinite, à laquelle s'ajoute un peu d'hydroxydes cristallisés et peut-être de l'illite. De fait, leur teneur en bases échangeables totale (S) correspond bien à celle que l'on peut escompter d'après les résultats des sols examinés précédemment

Il ne paraît pas en être de même pour les terres noires où S est relativement deux fois à deux fois et demie plus forte. Ici, au diagramme de rayons X, la raie de 7 Å, caractéristique de la kaolinite, est mal définie et l'on peut supposer être en présence d'halloysite, de composition analogue à celle de la kaolinite, mais amorphe et plus riche en eau, et dont les propriétés colloïdales sont plus prononcées. A côté de l'argile proprement dite, il existe beaucoup d'hydrate de fer colloïdal, peut-être du quartz fin et également de l'illite qui semblerait se retrouver dans tous les sols les plus riches.

Les différences entre les terres noires et les terres jaunes proviennent vraisemblablement de la roche-mère.

Les terres noires se seraient développées aux dépens de schistes métamorphiques (notamment schistes à amphiboles) et principalement de gneiss suffisamment basiques (gneiss à biotite), auxquels s'ajoutent des roches de filon, diorites et surtout gabbros et dolérites.

Les terres jaunes et noires sont bien pourvues en potasse assimilable (20 à 30 mg. de K_2O pour 100 g. de terre), mais sont aussi pauvres, si ce n'est plus, en acide phosphorique assimilable que les

sols du moyen Logone (P_2O_5 généralement inférieur à 1 mg. pour 100 g.).

Ces sols profonds et assez lourds ont une forte capacité de rétention pour l'eau et c'est là un facteur important de leur fertilité. Les plantes y végètent plus longtemps qu'ailleurs et donnent de bons rendements.

Ces terres, remarquables du point de vue agricole, sont à classer dans la catégorie des « teen suda ». Elles sont malheureusement peu représentées par rapport à l'ensemble.

Elles peuvent supporter une exploitation assez intensive grâce à leur richesse propre et à l'engrais que leur procure le bétail qui les parcourt, mais il y a lieu de prendre en considération le danger d'érosion qui, sur ces sols en pente souvent forte et dont la stabilité à l'eau est insuffisante, opère en nappe et également en ravin en forme de V. Les terres jaunes paraissent notablement plus résistantes que les terres noires, mais, dans les deux cas, il serait indiqué de cultiver suivant les lignes de niveau et de diriger, dans la mesure du possible, les eaux de ruissellement de façon à réduire leur force érosive.

Parmi les terres jaunes, il en est de moins typiques (LC 240 et 260). On en rencontre notamment dans les champs d'essais de la station cotonnière de Tikem dont le tableau suivant donne, pour neuf profils, les moyennes des résultats de l'analyse mécanique.

Profondeur (cm.)	Argile (%)	Limon (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Matière organique (%)
10	29,2	11,2	45,1	44.2	0,6
50	41,2	12,4	34.8	11 3	0 3

Ces sols plus acides, dont le pH peut descendre jusqu'à 6 ou même 5, ont un sous-sol parfois considérablement enrichi en argile. Le retrait y devient moins important ou nul. Les nodules calcaires disparaissent. On observe sur le profil des signes caractéristiques d'une altération et d'un lessivage notables : taches ocre d'oxydes de fer, petites concrétions ferrugineuses plus ou moins nombreuses en profondeur et même des taches faibles de gley dues à une forte humidité du sous-sol, conséquence de leur forte rétention de l'eau et de leur imperméabilité. Leur profil est ainsi comparable à celui des sols bruns lessivés des régions tempérées.

Ce sont encore de bonnes terres, bien que d'un type dégradé par rapport aux terres jaunes typiques que l'on retrouve dès que le pH est supérieur à 6 et qu'apparaissent les nodules calcaires. Celles-ci semblent donc tenir leur caractère d'homogénéité et leur structure de leur saturation en chaux et même d'un excès apparaissant sous forme de carbonate.

Introduction à l'étude des sols de la plaine de la Ruzizi

par

J. L. BURNOTTE,
Ingénieur Agronome et des Eaux et Forêts Lv.
Pédologue attaché au Comité National du Kivu.

Les formations que traverse la rivière Ruzizi dans la fosse du Tanganika sont considérées par les géologues (1) comme des alluvions lacustres déposées pendant les périodes glaciaires et pluviales du Quaternaire. D'après BOUTAKOFF, à la fin du Mindelien, la mer Buganda (lacs Kivu-Edouard-Albert-Victoria) s'étendait encore jusqu'au Tanganika dont les eaux s'écoulaient vers le Nord par la vallée du Kivu. Ce serait au Gamblien (fin du Chelléen — commencement du Wurmien) que s'est produit l'effondrement du plancher du Tanganika, alors que l'expansion lacustre Buganda subissait des dénivellations analogues. Fin du Wurmien, la surrection des volcans Nufumbiru aurait séparé le lac Edouard du lac Kivu et celui-ci, par montées successives jusqu'à 180 m. (2) au-dessus de son niveau actuel, serait arrivé à se déverser dans le lac Tanganika par la vallée où coule aujourd'hui la Ruzizi.

Depuis lors, cette rivière a remanié en certains endroits les alluvions lacustres de la fosse du Tanganika. Notamment, elle a constitué des dépôts importants dans la large dépression qu'elle s'est creusée dans la plaine.

Nous disposons de peu de précisions sur les alluvions du Tanganika. Elles n'offrent guère d'intérêt minier et, en conséquence, n'ont guère été étudiées. Elles présentent, de bas en haut, un conglomérat d'enormes galets et blocaux arrondis d'épaisseur inconnue, puis un niveau d'argiles salifères vertes, bleuâtres, alternant avec des couches sableuses et, enfin, d'épaisses formations de sables blancs saccharoïdes avec intercalations de sables jaunes et de conglomérats avellanaires de quartz blanc bien roulé. L'épaisseur de ces dernières couches est de l'ordre de 30 à 50 mètres.

Les argiles salines apparaissent en fenêtre en divers endroits où l'érosion les a découvertes. Elles sont saturées de sels divers, parmi lesquels prédomine la soude; en saison sèche, un dépôt blanchâtre apparaît à leur surface. Les indigènes exploitent ces sels dont voici une analyse effectuée par l'Institut de Chimie Industrielle de Louvain (1).

TABLEAU I

Analyse:

	%
Eau	7,29
Insoluble dans l'eau	0,15
Silice	néant
Fer, alumine	néant
CaO	0,35
MgO	0,05
Na^2O	37,15
K^2O	néant
CO^2	13,95
Cl	7,84
SO^3	29,35

Composition probable:

	%
Eau	7,29
Insoluble	0,15
$Ca(HCO^3)^2$	0,90
$Mg(HCO^3)^2$	0,16
$Na HCO^3$	22,65
$Na^2 SO^4$	52,10
Na Cl	14,68

L'origine de ces sels n'est pas connue. Il est intéressant de savoir d'abord que les affluents de la Ruzizi sont des cours d'eau douce et que l'eau du lac Kivu (Tableau II), amenée dans la plaine par la Ruzizi, est assez saline. Mais les proportions entre ses différents sels ne correspondent pas aux proportions trouvées entre les constituants du sel extrait des argiles de la plaine.

TABLEAU II

Analyse de l'eau du lac Kivu par le Service géologique du Kivu.

	En surface:	En profondeur:
SiO^2	5,9	5,1
Fe	0,6	0,6
Al	1,7	1,4
Ca	10,4	11,9
Mg	101,9	100,2
K	89,8	79,0
Na	115,2	148,0
Mn	0,005	0,008
NO	0,1	0,1
NO	0,18	0,53
Cl	36,3	36,9
SO^4	19,0	18,8
HCO	614,8	631,9
CO^3	160,8	153,6
P^2O^5	2,1	2,6
Ph	9,01	9,01

A notre avis, des eaux profondes (eaux juvéniles) sont responsables de la salinité des argiles en question : notre opinion s'appuie d'une part sur la dominance des sulfates dans les sels de ces argiles, d'autre part sur la présence d'une série de sources hydrominérales jalonnant les fractures qui encadrent la plaine de la Ruzizi.

En bordure des alluvions lacustres, nous avons rencontré, de plus, des sédiments chimiques : ce sont des travertins calcaires peu étendus que l'on trouve sur des collines basses.

Les données climatologiques (3) des stations d'Uvira et de Rumonge donnent une idée de la semi-aridité de la plaine de la Ruzizi :

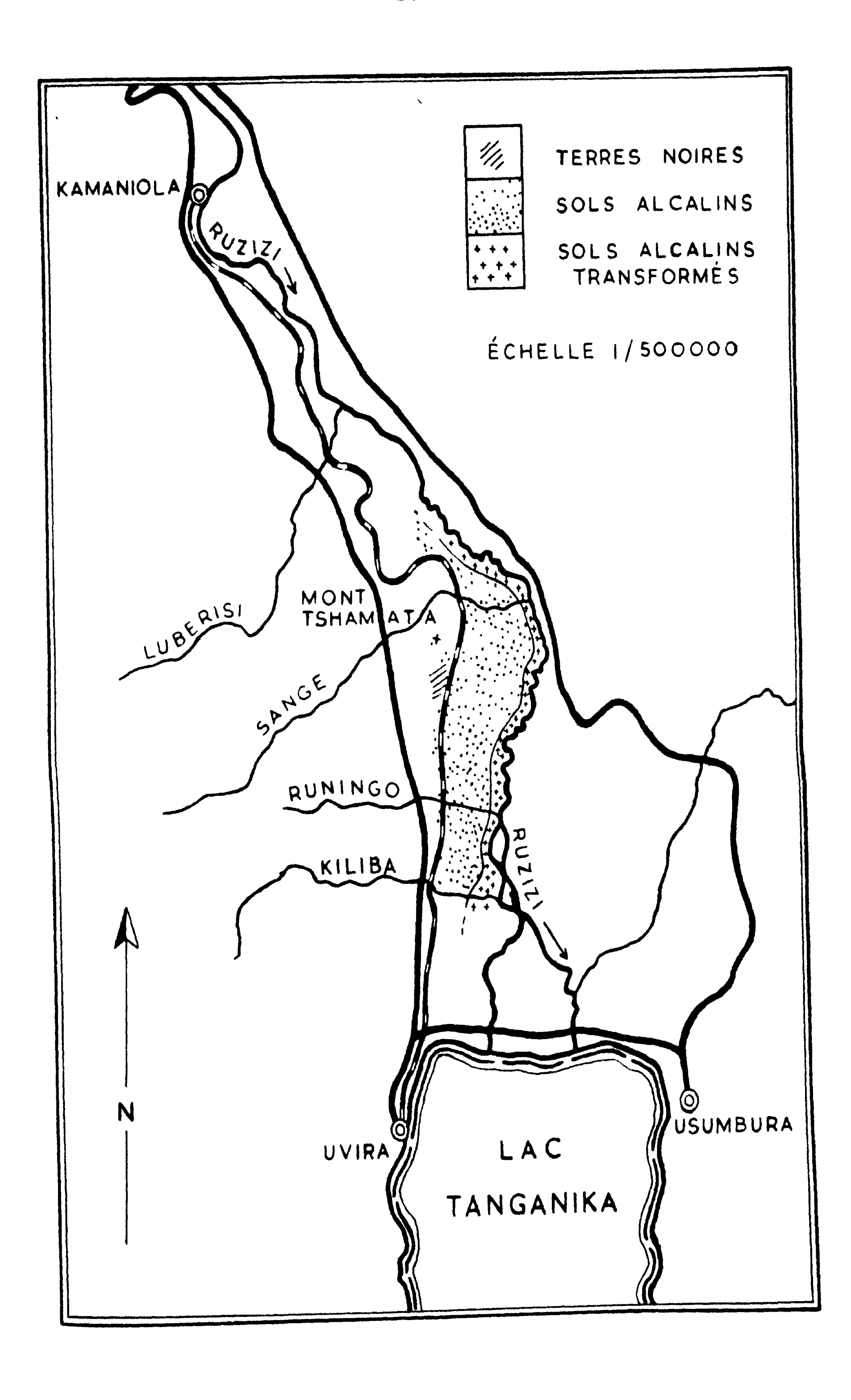

TERRES NOIRES
SOLS ALCALINS
SOLS ALCALINS TRANSFORMÉS
ÉCHELLE 1/500000
KAMANIOLA
RUZIZI
MONT TSHAMATA
LUBERISI
SANGE
RUNINGO
KILIBA
RUZIZI
N
UVIRA
USUMBURA
LAC TANGANIKA

TABLEAU III.

	Rumonge			Uvira		
	T° normales	Pluies normales mm.	Indices d'aridité de Martonne	T° normales	Pluies normales mm.	Indices d'aridité de Martonne
Janvier . . .	23,4	125	44,31	24,1	133	46,80
Fevrier .	23,4	86	30,89	24,2	109	38,24
Mars	23,6	151	53,92	24,4	168	58,60
Avril . . .	23,5	186	66,62	24,2	154	54,03
Mai . . .	23,8	80	28,40	24,3	105	36,75
Juin	23,6	14	5 00	23,6	28	10,00
Juillet	22,8	9	3,29	23,4	10	3,59
Août	24,2	8	2,80	23,8	13	4,61
Septembre	24,8	46	15,86	24,7	43	14,87
Octobre . . .	24,9	73	25,10	25,2	41	13,97
Novembre . .	24,0	142	50,11	24,4	71	24,76
Décembre . .	23,2	127	45,90	24,2	127	44,56
Année .	23,8	1047	30,97	24,2	1002	29,29

Durant quatre ou cinq mois, la pluviosité mensuelle est inférieure à 50 mm., tandis que l'indice d'aridité resta au-dessous de 30 pendant six mois. De plus, au cours de deux ou trois mois de cette saison sèche, les précipitations mensuelles n'atteignent pas 15 mm. et l'indice de DE MARTONNE descend au-dessous de 5

Ces conditions assurent le développement d'un courant d'eau ascendant pouvant faire intervenir une nappe souterraine située a assez grande profondeur.

D'autre part, en saison des pluies, la température élevée provoque une forte évaporation, qui paraît capable d'empêcher la formation d'un courant d'eau descendant; des observations manquent toutefois à ce sujet.

A première vue, ces conditions climatiques ne correspondent pas à ce qu'on est habitué de rencontrer pour des sols alcalins du genre des solonetz et des terres noires du genre des tchernozium.

Cependant, des sols de ce dernier type existent en région assez humide lorsque la température est assez élevée : c'est le cas du Texas où ces sols sont signalés sous une température moyenne annuelle de 18,5° C. avec des précipitations de 722,5 mm., alors que les tchernozium du Dakota-Nord se trouvent en conditions bien plus sèches (447,5 mm.), mais aussi bien froides (Température moyenne annuelle de 3,8° C.) (4).

Si l'on tient compte de ces données, il paraîtra moins extraordinaire d'avoir trouvé des sols comparables aux solonetz et aux tchernozium dans une région où les normales annuelles en pluviosité et en température sont respectivement de 1.000 mm. et de 24° C. environ.

En fait, les observations que nous avons effectuées en août 1947, ont porté sur une étendue de près de 20.000 Ha situés à des altitudes variant de 800 à 850 m. environ. Nous avons été amenés à classer

les sols examinés en deux groupes : celui des *sols alcalins* et celui des *terres noires*

Ne disposant pas encore de données analytiques suffisantes pour caractériser parfaitement ces divers sols, nous nous limiterons ici à en dresser un aperçu morphologique rapide.

I. — TERRES NOIRES.

Elles ne se rencontrent qu'en bordure de la plaine alluviale sur les travertins calcaires signalés précédemment; un cas typique existe au pied du versant sud du mont Tshamata.

A l'état sec, tout le profil présente une structure en colonne. A l'état frais, nous avons relevé les détails suivants : l'horizon A.1, noirâtre, est sablo-limoneux, en structure granuleuse et les racines s'y développent abondamment; de très fines concrétions de carbonates, non visibles à l'œil, y sont décelées par une forte effervescence à l'acide chlorhydrique dilué.

L'horizon A.2 également noirâtre et sablo-limoneux est criblé de fins graviers: sa structure est plus grossière et de très nombreuses concrétions filamenteuses (pseudomycélium) sont bien visibles dans toute son épaisseur.

Des racines descendent jusqu'à l'horizon C.

Des herbages assez serrés recouvrent ces sols.

Pour le nombre assez restreint de profils examinés, l'horizon A.1 atteignait une épaisseur de 40 cm. et l'horizon C. apparaissait à une profondeur de 100 à 120 cm. Le pH en A.1 et A.2 variait de 7,5 à 8,0.

Sur la base de ces observations, nous croyons pouvoir classer ces terres dans le groupe des Tchernozium.

II. — SOLS ALCALINS.

Leur extension est très grande et intéresse probablement presque toutes les alluvions lacustres et fluviatiles de la région de la Ruzizi Nous les avons reconnus systématiquement dans toute la zone alluviale du groupement Ndalishizi.

Leurs profils, d'aspect assez varié, peuvent être groupés en deux grandes catégories :

A. — PROFILS A HORIZONS SABLEUX GRIS FONCE A GRIS NOIR EN SURFACE.

1. *Avec horizons argilo-sableux en profondeur*

L'horizon de surface est sableux, gris noirâtre à gris foncé, meuble ou légèrement aggloméré, de pH 5,9 à 7,5 et d'une puissance variant de 10 à 60 cm., avec une moyenne de 25 cm.

Lorsque cette couche présente une profondeur de 30 à 40 cm. ou plus, la teinte gris noirâtre à gris foncé du sommet passe progressivement vers le bas à une teinte plus claire, grise ou gris brun.

La zone sous-jacente, épaisse de 10 à 40 cm., est formée d'argiles sableuses gris brun, dures, compactes. Elle apparaît comme un socle séparant les horizons inférieurs de la couche superficielle et son pH oscille entre 7,35 et 8,55. Elle contient quelquefois des concrétions de carbonates. Elle affleure lorsque l'horizon superficiel fait défaut, ce qui est exceptionnel.

Le troisième horizon est argilo-sableux, gris verdâtre, assez dur, assez compact. Les concrétions de carbonates y sont nombreuses et le pH y est de l'ordre de 8,80 à 8,97.

Plus bas, l'argile sableuse est plus claire, dure, compacte, souvent riche en concrétions et le pH compris entre 8,6 et 9,2.

Sur ces sols, la végétation naturelle est constituée d'herbages de densité moyenne, accompagnés parfois d'épineux, d'arbustes, d'euphorbes et de quelques borassus.

2. *Avec horizon argilo-sableux noir, le plus souvent à très faible profondeur ou affleurant.*

La couche sableuse superficielle est très souvent mince (5 cm.), elle est alors de pH un peu inférieur à celui de l'horizon argileux noir, sous-jacent. Lorsqu'elle est plus épaisse, elle présente des caractères analogues à ceux donnés pour le type de sol précédent Dans la moitié des cas observés, cette couche fait défaut et l'horizon sous-jacent affleure.

L'horizon argileux noir est compact, très dur, souvent crevassé (observations faites en saison sèche), parfois tacheté de concrétions de carbonates, et de pH de l'ordre de 8,0 à 9,0.

Les couches inférieures du profil sont des argiles sableuses gris verdâtre, brun jaunâtre, très dures, compactes, plus ou moins riches en concrétions. Elles donnent des pH identiques à ceux de l'horizon d'argile noire dans la plupart des cas.

La végétation de ces sols est réduite à des herbages en touffes, avec quelques buissons épineux et parfois des arbres très dispersés.

3. *Avec horizons sableux ou sablo-argileux en profondeur.*

De haut en bas, les profils de ce type sont de texture à dominance sableuse

L'horizon de surface est fort analogue à celui du premier type de sol alcalin décrit. Les seules différences observées résident dans l'épaisseur moyenne de la couche qui est ici de 30 à 40 cm. et dans les valeurs de pH, qui s'abaissent parfois jusqu'à 5,4.

Le deuxième horizon est de coloration brune à rouge brique. Il est constitué de sables ou de sables argileux agglomérés ou cimentés et

contient assez rarement des concrétions de carbonates; son pH est de l'ordre de 6,53 à 8,53.

Les sables ou sables argileux des horizons sous-jacents sont de teinte plus claire, verdâtre ou jaunâtre; ils sont également agglomérés ou cimentés et contiennent assez souvent de nombreuses concrétions de carbonates. Nos mesures de pH ont donné des chiffres allant de 7,70 à 9,12.

Le borassus semble être assez caractéristique de ce type de sol; il est accompagné d'herbages, d'épineux, d'arbres, d'arbustes et d'euphorbes, dans des proportions indéterminées.

Nos observations de profils et nos mesures de pH sont trop peu nombreuses pour en tirer des conclusions; elles nous permettent néanmoins de faire les propositions suivantes :

1° Les profils à horizon sableux gris noir à gris foncé en surface sont des sols du type des solonetz. Schématiquement, ces profils se composent de haut en bas :

a) d'un horizon sableux gris noir dans sa partie supérieure, gris plus clair dans sa partie profonde. Son pH varie entre 5,4 et 7,5.

b) d'un horizon argilo-sableux ou sablo-argileux contenant quelquefois des concrétions de carbonates et donnant des pH compris entre 6,53 et 9,00

c) d'horizons profonds argilo-sableux ou sablo-argileux, de pH allant de 7,70 à 9,20. Ces horizons contiennent généralement de nombreuses concrétions de carbonates.

2° Quelquefois, l'horizon sableux superficiel fait défaut et la couche argilo-sableuse, normalement sous-jacente, affleure

Le profil apparaît alors plus alcalin avec des pH souvent supérieurs à 8,0 dès la surface et quelquefois des concrétions de carbonates dans le premier horizon. Nous rattachons ces profils au type Solontchak.

3° La théorie de SCHERF sur les sols alcalins de Hongrie prétend que la formation de Solontchak ou de Solonetz n'est pas en relation avec un lessivage des sols, mais est une conséquence de la différence de nature de la couche géologique actuellement en surface : selon cette théorie, les Solonetz et les Solontchak ne sont pas de véritables profils pédologiques puisque leurs horizons représentent en fait diverses couches de dépôts géologiques (5).

De nos propositions précédentes, il résulte que la thèse de Scherf pourrait bien se vérifier aussi pour les sols alcalins de la plaine de la Ruzizi.

B. — SOLS DE LA DEPRESSION DE LA RUZIZI.

Ce sont des sables argileux et des argiles sableuses de couleur brune à brun noirâtre.

Dans le voisinage de la rivière, ces terres paraissent en excellente structure, sont fraîches en surface, humides en profondeur et cou-

vertes d'une végétation très luxuriante; racines et radicelles y pénètrent très bas (jusqu'à près de 2 m.) en grand nombre. Des mesures de pH donnent des chiffres de l'ordre de 7 pour les couches supérieures, et des valeurs avoisinant 8 pour les horizons situés à plus de 1 m. de profondeur.

Lorsque l'on s'éloigne des régions riveraines, la végétation, tout en restant belle, devient moins luxuriante. Les sols, en moins bonne structure, sont presque secs dans les couches superficielles et ne présentent que peu de fraîcheur dans les horizons profonds. Les pH observés varient de 5,4 en surface à 6,0 dans le bas des profils

Des analyses donneront probablement des éclaircissements sur l'origine et la nature de ces terres. Nous émettons l'hypothèse que nous avons là des sols alcalins transformés par les eaux de la Ruzizi (Tableau II) : les sels sodiques lessivés auraient été remplacés par des sels de magnésium et de potassium. Dans les régions suffisamment irriguées actuellement par les eaux de la rivière, l'alimentation en bases (Mg et K) étant régulière et assez intense, la structure des sols se conserverait bien et le pH se maintiendrait élevé. Plus loin des rives, l'apport des eaux étant faible (sauf lors des crues), l'acidification du profil et l'altération de la structure seraient en cours

Outre une histoire géologique remarquable, la plaine de la Ruzizi possède un ensemble de sols peu ordinaires que l'on ne s'attend d'abord pas à rencontrer, étant donné le climat régional.

Cette note, basée sur un examen morphologique rapide, suggère une classification des terrains étudiés :

Terres noires du groupe des Tchernozium;

Sols alcalins du genre Solonetz et quelquefois du genre Solontchak,

Sols alcalins particuliers, par suite de transformations naturelles

Enfin, les observations aboutissant à la distinction Solonetz-Solontchak semblent permettre d'étendre à ces sols la thèse émise par SCHERF au sujet des sols alcalins de Hongrie.

BIBLIOGRAPHIE

1. 1939. SALÉO, A., BOUTAKOFF, N., DE LA VALLÉE-POUSSIN, J. — Résultats scientifiques de la mission géologique du Comité National du Kivu *Memoire de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain.* T. IX

2 1937. SCAËTTA, H. — La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique Centrale. Institut Royal Colonial Belge, Mémoire in-4°, tome V.

3 1943 VANDENPLAS, A. — La température au Congo Belge. Ministère des Colonies. Bruxelles.

1947. VANDENPLAS, A. — La pluie au Congo Belge. Extrait du *Bulletin Agricole du Congo Belge.* Vol. XXXIV, n°s 3-4.

4. 1944. BOTELHO DA COSTA, J. V. — *Apontamentos de agrologia.* Lisboa

5 1941 JONNY, H. — Factors of soil formation. New-York and London.

De la présence de types de Solontchacks dans la vallée de la Ruzizi

par

J. LOZET,
Ingénieur agronome.

I. — INTRODUCTION

L'étude des terres salines de la plaine de la Ruzizi intéresse actuellement la Mission Anti-Erosive Ces terres, si elles ne présentent pas d'intérêt pour l'agriculture générale, peuvent néanmoins être mises à profit par l'établissement de rizières, de viviers, etc. Encore faut-il pour cela que la teneur en certains ions (Cl, K, Na, Ca, Mg) des eaux d'irrigation (Ruzizi ou affluents) et du sol ne soit pas trop forte au point d'être toxique.

Les terres salines d'un type spécial observées dans la vallée et que l'indigène appelle « gitumba » ou « igitumba » s'étendent le long de la Ruzizi et également dans de légères dépressions situées parallèlement à la rivière. Il semble que ces terres soient les seuls dépôts alluvionnaires de la Ruzizi.

(De plus vastes marais s'étendent notamment au Ruanda-Urundi, le long de la rivière Lua, au Nord de la plaine, le long de la rivière Kagera au Sud, et seraient, eux, d'origine lacustre).

Ces dépôts sont relativement récents, car la Ruzizi est vraisemblablement la rivière la plus jeune de la plaine

Ce sont des taches qui couvrent parfois d'assez grandes étendues et que l'on repère au premier coup d'œil par leur végétation toute particulière. Aucun arbre ou arbuste n'y pousse; ces étendues sont uniquement herbeuses, la végétation est presque pure; on y rencontre 90 % de *Sporobolus spicatus*, graminée ayant une inflorescence en queue de rat, d'une hauteur de 10 cm., formant un tapis; elle y est associée à une Cupéracée : *Cyperus laevigatus* (5-10 %).

Il y a quelques touffes de *Cynodon dactylon* se développant spécialement, semble-t-il, sur les déjections animales. Les graines seraient vraisemblablement ingérées par le bétail sans être toutes détruites dans le tube digestif. Cette explication ne concorde pas avec le mode de dispersion généralement admis, mais la présence de ce *Cynodon* ne nous est pas autrement explicable.

La concentration en sels est parfois tellement élevée qu'elle laisse apparaître des plaques blanchâtres dépourvues de toute végétation. Ces plaques sont formées de sels cristallisés.

Autrefois, l'indigène y puisait le sel destiné à assaisonner sa nourriture; actuellement, il y fait pâturer de temps à autres son bétail, car il prétend que grâce à ces pâturages salins la lactation est plus abondante et que les animaux augmentent en poids (des sulfates agissent comme laxatifs).

Ces zones d' « Igitumba » sont situées là où le drainage se ralentit, entre l'escarpement et la Ruzizi. L'argile elle-même est drainée et se masse là où se formera parfois une couche imperméable.

II. — FORMATION DES TERRES SALINES

A. CONDITIONS DE FORMATION.

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer la formation de ces terres salines. Il est, en tout cas, nécessaire que plusieurs conditions soient remplies :

1. Un climat aride ou semi-aride de préférence.

La terre s'imbibe d'eau qui aspirera en surface les sels, à la saison sèche.

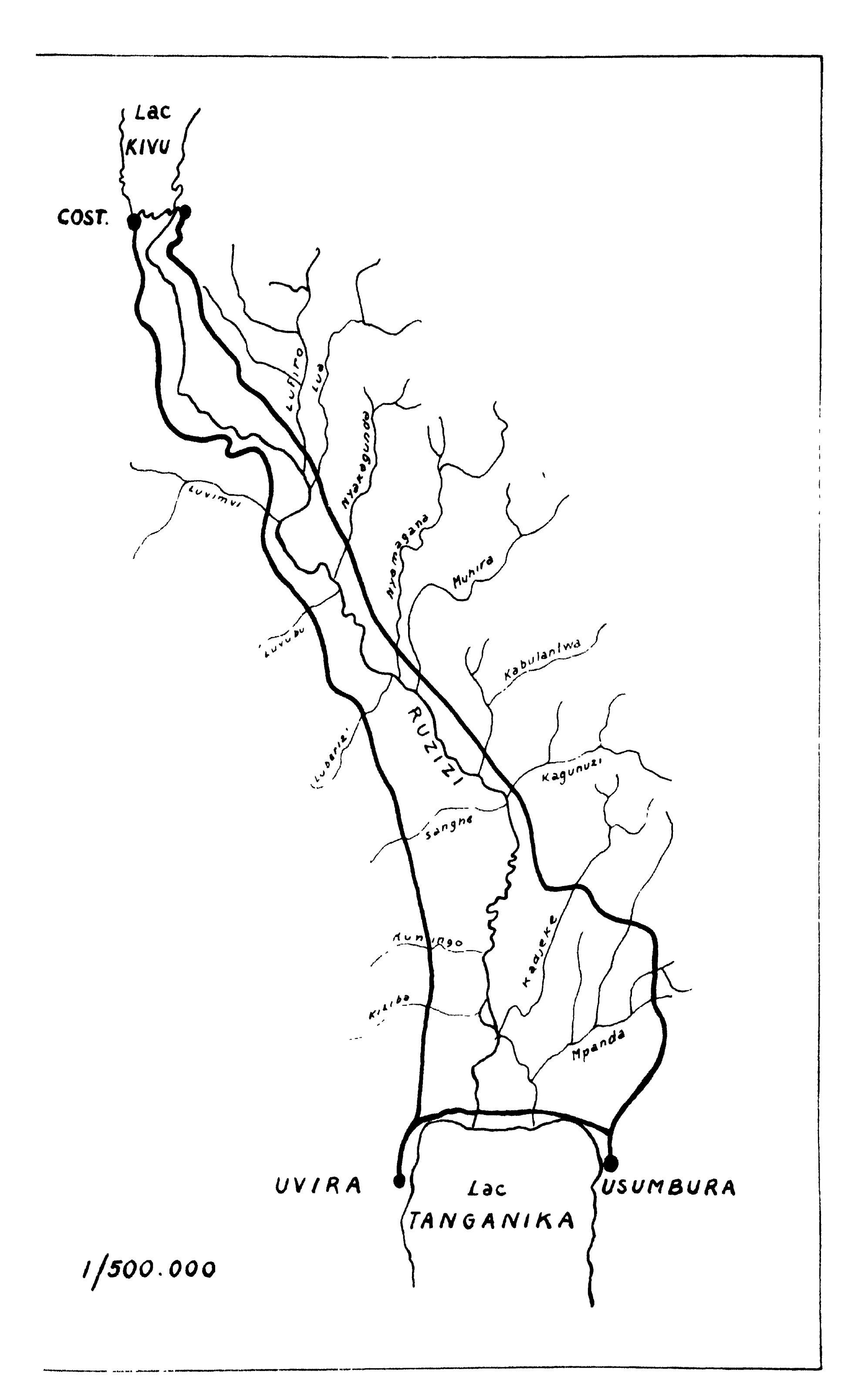
La vallée de la Ruzizi offre un climat semi-aride. Une période sèche s'étend de mai à octobre, pendant laquelle deux ou trois orages amènent un peu de pluie; la période humide s'étend de novembre à mai.

Les chutes de pluie enregistrées accusent une moyenne oscillant entre 900 et 1.100 mm.

Uvira . .	968 mm	Nyakagunda	903 mm
Usumbura	879 mm	Bugarama	1.086 mm
Musegnyi	1 073 mm		

2. Les roches qui donnent ces terres salines doivent être riches en bases : micas — amphiboles et pyroxènes — feldspaths — gypse — calcite, etc.. Or, la vallée de la Ruzizi abonde en micaschistes — gneiss — feldspaths, etc . Les éléments les plus stables des roches sont restés sur place ou dans la plaine même, tandis que les éléments instables ont été emportés par les rivières.

En effet, les couches géologiques forment ce que l'on appelait antérieurement le système de la Ruzizi. Suivant une théorie récente le système de la Ruzizi serait le système de l'Urundi métamorphosé. L'état métamorphosé est plus avancé du côté Congo Belge que du côté Ruanda-Urundi; ainsi à Lemera, du côté Congo, on trouve des gneiss tandis qu'à Muhira, situé en face de Lemera mais du côté Ruanda-Urundi, on trouve encore des schistes micacés peu métamorphosés. Ce système est un complexe cristallophyllien formant un ensemble de schistes cristallins, de gneiss, de micaschistes et amphibolites parsemés de blocs de quartzites feldspathiques.



Lac
KIVU
COST.
Lufiro
Lua
Nyakagunda
Luvimvi
Nyamagana
Munira
Luvubu
Kabulantwa
RUZIZI
Luberizi
Kagunuzi
Sangne
Kadjeke
Kiliba
Mpanda
UVIRA
Lac
TANGANIKA
USUMBURA
1/500.000

Le Sud du lac Kivu est couvert en certains endroits de basalte à olivine que traverse la Ruzizi. La Ruzizi elle-même est le déversoir du lac Kivu et est donc déjà chargée de sels (voir résultats d'analyses des eaux).

3. Si la formation des terres salines est due uniquement aux apports des rivières, ces rivières doivent prendre leur source au niveau de roches riches en bases ou passer sur des formations géologiques telles. Certains affluents de la Ruzizi sont, en plus, enrichis par les sources thermales ou salines et proviennent de montagnes riches en micaschistes et gneiss notamment. D'autre part, la Ruzizi elle-même traverse des terres volcaniques au Nord de la plaine. Des travertins calcaires ont été observés dans la région de Bugarama, le long de la Npamagana près de Tchibitoke, etc... Ces travertins se trouvent parfois à 20 cm. de la surface du sol.

4. Le niveau de la nappe phréatique ne peut être trop bas pour permettre une ascension capillaire plus facile. De plus ses variations doivent être limitées, du moins à certaines périodes de l'année (saison sèche). La teneur de la nappe en ions alcalins doit être assez élevée.

La nappe phréatique au niveau de terres salines n'est pas profonde puisque ces terres se cantonnent sur les berges et au voisinage immédiat de la rivière. D'ailleurs, plus le niveau de la nappe est bas plus la concentration en sels sera faible.

Dans son ensemble, les conditions de formation sont donc réalisées. Il reste à en expliquer l'origine et le mécanisme

B. ORIGINE DES TERRES SALINES

Trois hypothèses semblent pouvoir expliquer ces formations.

1 Première hypothèse : Formation authigène.

Les bords de la Ruzizi et les dépressions avoisinantes formées d'alluvions récentes et anciennes reposent sur une substratum riche en éléments basiques pouvant libérer des sels. On observe, en effet, certains affleurements proches de la Ruzizi, à quelque 20 ou 30 mètres parfois. Ces affleurements sont entre autres des schistes micacés (contenant les ions K, Fe, Mg), des schistes très métamorphosés avec inclusion de feldspaths ou de feldspathoïdes (contenant les ions Ca, Na, K), des roches neutres ou basiques telles que des diorites (contenant les ions Na, Ca) ou des gabbros (contenant les ions Ca, Mg, Na), de la tourmaline (contenant les ions K, Na, Mg), des basaltes (contenant les ions Ca, Mg, Na), etc. De plus, les sources thermales et salines sont une preuve de la richesse chimique. En saison des pluies, le sol est gorgé d'eau et à la saison sèche, il y a un mouvement ascendant qui aspire les sels solubilisés à la saison des pluies et provenant du sous-basement. En surface, l'eau s'évapore petit à

petit et abandonne les sels qui se concentrent principalement dans les couches superficielles formant ainsi des terres salines. Suivant la hauteur de la nappe et la richesse de la roche sous-jacente, la concentration est plus ou moins forte. Il est à remarquer que les sels solubles présents dans les alluvions subissent le même phénomène d'ascension capillaire provoquant une illuviation en surface et une éluviation en profondeur.

Cette formation authigène se réalise notamment presqu'à l'embouchure de la grande Ruzizi dans une petite plaine située le long de la Kagera. Il y a quelques années, un champ de coton y avait été établi. La terre n'avait pas été inondée et cependant à la saison sèche il y eut une telle concentration en sels, qu'une fine pellicule blanchâtre est apparue en surface. Le coton qui se serait développé normalement s'est desséché et après quelques semaines plus aucune feuille n'était visible.

2. Deuxième hypothèse : Formation allothigène

Les eaux de la Ruzizi sont riches en sels minéraux provenant du lac et de roches situées sur son parcours. Les sources thermales et salines en augmentent éventuellement la teneur. En saison des pluies, certaines dépressions sont inondées et le sol s'imbibe de l'eau de la rivière. La saison sèche étant assez longue laisse s'évaporer l'eau tout en laissant les sels solubles se concentrer principalement en surface.

3. Troisième hypothèse : alternance des deux premiers modes de formation.

Il est d'autre part possible que les deux phénomènes se passent, car les facteurs de formation que requièrent les deux premières hypothèses sont réalisés dans la plupart des cas

On trouve cependant des étendues d' « Igitumba » au Nord de la Ruzizi là où l'eau d'inondation se retire aussitôt que la rivière reprend son lit de saison sèche, sans qu'elle ait le temps de s'évaporer et d'augmenter ainsi considérablement la concentration en sels. Ces cas, assez nombreux, devraient montrer une concentration en sel beaucoup inférieure aux terres des dépressions où l'eau ne s'en va que par évaporation. Or, apparemment, il n'en est rien.

Cette troisième hypothèse qui met en relation les deux modes de formation n'est pas aussi simple qu'on pourrait le penser, car suivant deux cas distincts, les intensités de ces modes de formation sont différentes. Ces considérations nous ont semblé logiques à l'examen des profils.

a) Cas des berges bordant la Ruzizi.

Les eaux de la Ruzizi étant plus ou moins riches en éléments solubles contribuèrent au début à augmenter la concentration en sels. Le mode de formation authigène (sous-bassement ou alluvion) fut

cependant prédominant et contribua principalement à l'état de salinité. Il est arrivé à un certain moment que la concentration en ion sodique a augmenté considérablement le degré de peptisation de l'argile. Le sol est devenu compact, plastique et finalement très peu perméable. Le premier mode de formation (authigène) se ralentit sensiblement et le mode de formation allothigène qui n'était pas si actif devient prédominant. De plus, l'infiltration d'eau latéralement et le fait que la nappe phréatique est plus élevée augmentent son intensité.

b) Cas des dépressions.

Ici le stade authigène est moins accentué, car le niveau de la nappe phréatique est plus bas et le stade allothigène est plus rapide puisque toute l'eau par évaporation abandonne tous ses sels sur place. La rapidité des deux modes est sensiblement égale au début, mais le second mode l'emporte sur le premier au moment où la couche d'argile imperméable s'est formée. Le temps mis pour former les terres salines dans les deux cas est sensiblement égal; aussi semble-t-on observer une similitude dans le degré de salinité.

Il est probable qu'anciennement une grande partie des alluvions anciennes et modernes aient été des solontchaks qui, suite à l'irrigation provoquée par les affluents de la Ruzizi, pauvres en sels, ont été lavés. Les solontchaks qui sont un premier stade de salinité ont évolué en solonetz ou en solotis.

Les seuls solontchaks qui restent encore sont les dépressions et les abords immédiats de la Ruzizi inondés actuellement encore par la Ruzizi.

C. — PROCESSUS CHIMIQUE DE FORMATION AUTHIGENE.

Les roches basiques, contenant les ions K, Na, Mg, Ca, sous forme de silicates doubles d'alumine principalement, s'hydrolysent et donnent un silicate d'alumine et les ions K, Na, Ca, Mg, sous forme hydroxyle. Les acides minéraux réagissent avec ces bases et forment des sulfates, des chlorures et des carbonates à l'état libre.

Ces bases peuvent également se combiner aux acides organiques et donner des produits tels que les humates, par exemple.

Le terme final de ces formations est un sol à alcalis peu solubles. Les indigènes, en effet, pour en extraire le sel, devraient employer d'autres procédés que le simple lessivage, car l'eau résiduelle obtenue ne contenait presque pas de sels, ou bien ils consommaient le sel mélangé à du sable et à de la terre tel qu'il était prélevé. Les différents procédés employés étaient les suivants :

1. La partie superficielle du sol est brassée et mélangée à de l'eau provenant de sources salées. Ce mélange est ensuite comprimé

pour en extraire toute l'eau résiduelle. Prenant cette masse spongieuse comme filtre, les indigènes la lessivent de nouveau avec de l'eau.

2. Les terres salées sont lavées. L'eau obtenue est mélangée à du charbon de bois qui sert de filtre, le produit obtenu est brunâtre. Il est conservé comme tel ou évaporé et séché.

3 La terre est directement mélangée à des cendres de végétaux et mise dans un entonnoir rudimentaire. On y verse soit de l'eau de source saline, soit de l'eau de rivière. Le filtrat est conservé comme tel ou évaporé et séché.

Il est à remarquer que ces différents sels sont riches principalement en $MgSO^4$, Na^2SO^4, K^2SO^4, Na^2CO^3 et K^2CO^3. (Les autres sulfates et carbonates ne sont pas solubles). La quantité de NaCl est faible.

III. — ANALYSE DES EAUX ET DES TERRES

A. EAUX DE LA RUZIZI

Nous avons prélevé des échantillons d'eau sur le parcours de la Ruzizi depuis sa sortie des gorges jusqu'au Lac Tanganika. Ces échantillons ont été prélevés en pleine saison sèche.

Depuis le lac Kivu jusqu'à la sortie des gorges, on constate une forte augmentation en SO_4 et Na^+, une légère augmentation en K, un statu quo en R^2O^3, HCO^3 et CO^3 et une légère diminution en Ca^{++},

Constituants	Analyse Herman Lac Kivu Surface	Analyse Herman Lac Kivu 11 m prof	ANALYSE GASTELLIER Sortie des gorges (1)	Lac de Luvungi (5)	Amont emb. Muhira (8)	Aval emb. Kagunuzi (11)	Grande Ruzizi (13)	Petite Ruzizi (14)	Lac Tanganika (22)
SiO^2	5.9	5 1	6.0	7 2	11 2	9.2	20.0	11.2	4.0
R^2O^3	—	—	4.8	8.4	5 2	3 6	4.8	3 6	2.0
Fe^{+++}	0 6	0 6	n d.	n. d	n d	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
Al^{+++}	1.7	1.4	n d.	n d.	n. d.	n d	n. d.	n. d.	n. d.
Ca^{++}	10.4	11.9	9.4	11.1	8 0	9.1	10.3	11.4	10.6
Mg^{++}	101 9	100.2	98 4	89 2	82 8	70.4	68.8	64.4	46 0
K^+	98.8	79.0	105 0	93.6	81.5	73.3	75.0	71 4	41.5
Na^+	115 2	148.0	138 0	128.2	119 0	108 7	98.0	100.0	61.0
Mn^{++}	0 005	0 008	n d	n d.	n. d.	n d.	n. d.	n. d	n. d.
NO^2—	< 0.1	< 0.1	n. d.	n d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
NO^3—	0 18	0 53	n. d	n d	n d	n. d	n. d	n. d.	n. d.
Cl—	36.3	36.9	33.5	31 6	26.9	25 1	25 1	24.2	27.9
SO^4—	19.0	18.8	30.0	36.0	48.0	48.0	42.0	36 0	48 0
HCO^3—	614.8	631.9	636.2	536 4	467.8	480.3	480.3	474.0	305 6
CO^3—	160 8	153.6	159.5	159.5	153 4	104.3	92.0	79 8	61.3
OH—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P^2O^5	2.1	2 6	n. d	n. d	n d	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
O consommé	1.0	1 1	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
Mat. en susp.	0.8	2 0	n. d.	n d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
pH	9.01	9.01	9.21	9 21	9.20	9.18	9.18	9.11	8.85

(en mgrs/l)

Mg^{++}, Cl^-. Depuis les gorges jusqu'au lac Tanganika, le volume de la Ruzizi a considérablement augmenté et par conséquent bien que la rivière accuse une diminution progressive en éléments, il n'en reste pas moins vrai que la quantité totale de sels qui se jettent dans le lac Tanganika est supérieure à la quantité de sels au sortir des gorges. Le lessivage des terres salines est dû aux rivières adjacentes qui augmentent leur teneur.

Les ions SO^4 ont fortement varié. Après une augmentation d'un tiers au travers des gorces, la teneur en SO^4 s'accroît encore progressivement jusqu'à atteindre 2,5 fois sa teneur, puis diminue avant de se jeter dans le lac.

En cas d'inondation par la Ruzizi, il est plausible d'admettre que les terres du type solontchak puissent être rendues salines par une rivière dont le pourcentage en sels et la dureté sont assez élevés

B. EAUX DES AFFLUENTS DE LA RUZIZI.

Les analyses des eaux des affluents de la Ruzizi ne sont pas complètes, le temps ayant manqué.

Les affluents de la Ruzizi sont doux et ont des teneurs faibles en SO_4^{--} et Cl^-. Le pH de ces eaux est neutre ou très légèrement alcalin. Il est à remarquer que les échantillons de ces rivières ont été prélevés

Noms des rivières	Residu sec à 105°	Dureté en $CaCO^3$	Durete en HCO^3	$CaCO^3$ + $MgCO^3$	Alcalis en Na^2O	SO^4	Cl-
Lufiro (2) . .	180	31	54	23	46.6	5.4	12
Lua (3)	73	21	24	18	23.6	4 1	9
Nyakagunda (4) .	83	34	33	29	11.8	4.0	13
Nyamagana (6) .	100	31	30	16	29 7	6 2	5
Muhira (7) . . .	75	31	42	25	13 9	1 1	4
Kabulantwa (9) .	48	14	24	135	12.6	1.3	6
Kagunuzi (10) .	58	12	21	12	12.9	4.6	12
Kajeke (12) . .	280	100	153	100	40.8	4.7	6
M'Panda (12a) .	85	10	12	10	23.8	2.4	7
Kiliba (15) . .	60	15	24	14	16.0	3.8	5
Runingo (16) .	258	82	132	81	59.5	4.9	7
Sanghe (17) . . .	27	21	24	21	23.8	4.5	5
Luberizi (18) . . .	62	11	18	11	17.0	2.5	5
Luvubu (19) . .	90	15	21	15	20.1	2.1	10
Luvimvi (21) .	78	15	21	15	16.0	2.0	7
		(en	grs/l.)				

avant que ces eaux n'arrosent les terres salines. Il est probable qu'à leur embouchure la teneur en sels est plus élevée, suite au lessivage des terres qu'elles traversent.

Les affluents de la Ruzizi contribuent donc à augmenter la quantité de sels de la Ruzizi.

C. PROFIL DU SOL.

N°	Horizon	Epaiss.	Description	pH
131	h¹	0 07	Argilo-limoneux brun clair, radicelles formant un petit feutrage, perméable, ± sec, structure mauvaise, effervescence à HCl.	10 33
132	h²	0 25	Argile verdâtre, radicelles, perméable plus humide que h¹, structure mauvaise, compact, effervescence à HCl.	10 60
133	h		Argile verdâtre, reflet brun jaune, peu de radicelles, perméable, sec, structure mauvaise, effervescence à HCl.	9 83
TS¹	h¹	0 20	Argilo-limoneux brun clair, radicelles nombreuses, perméable, sec, structure mauvaise, effervescence à HCl.	9 72
TS	h²	0 40	Argilo-limoneux brun verdâtre, reflet micacé, quelques radicelles, perméable, sec, structure mauvaise, compact, effervescence à HCl.	10 01
TS	h		Argile gris verdâtre, reflet micacé, peu de radicelles, perméable, sec, structure mauvaise, effervescence à HCl	9 45

Les Russes différenciaient Solontchak et Solonetz par leur structure Un Solontchak n'avait pas de structure et un Solonetz présentait les caractéristiques suivantes : en surface, structure alvéolaire ou grumeleuse, et en profondeur, structure en prisme ou en colonne.

Suivant KELLOGG, un Solontchak a une mince croûte salée en surface suivie d'un horizon granulé puis d'un horizon grisâtre, salé, friable Un Solonetz présente sous une couche très mince friable, un horizon sombre en colonne formé d'argile compacte.

Parfois entre ces deux horizons se présente une couche grisâtre décolorée. Ce profil est alors un Solonetz sodolisé.

ROBERTS dit également qu'un Solonetz est foncé et qu'un Solontchak est clair. DE SIGMOND et GEDROITZ prétendent que la classification des sols salins est basée sur leurs différents stades d'évolution.

Le Solontchak en est le premier stade (sels accumulés qui salinisent le sol, pH élevé. De plus, il peut se présenter un horizon éluvial).

Le Solonetz est un Solontchak vieilli où les sels agissent sur le complexe absorbant et alcalinisent le sol.

Les types de Solontchak que nous avons découverts ne présentent pas de structure en colonne. Ils sont très perméables, ont un pH très élevé et sont de teinte claire.

IV. — AMENAGEMENT DES SOLONTCHAKS.

A notre avis, la culture du Riz est possible sur ces sols si l'on parvient à en diminuer le pH. Le riz ne nécessite pas un état structural pour son développement. Le pH peut être relevé par apport d'acide humique qui pourrait dissoudre les cristaux de sels et permettre leur lixiviation. La façon qui nous semble la plus simple est l'irrigation par les affluents de la Ruzizi. La Ruzizi elle-même est trop dure ($pH > 9$) pour une amélioration des solontchaks puisqu'elle en est l'origine.

Avantages de l'irrigation par les affluents de la Ruzizi

Les affluents de la Ruzizi sont pauvres en sels et par conséquent diminueront les teneurs en sels de ces sols.

Si l'on maintient une certaine humidité par l'irrigation, il y aura uniquement lessivage des sels et non ascension par capillarité.

Inconvénients.

Le niveau de la nappe phréatique est relevé et si peu qu'il y ait de variation un horizon gley et compact va apparaître à faible profondeur.

Des sols floculés par trop forte concentration en ions Na vont devenir peptisés lorsque la concentration diminuera. Il faudra donc chauler. Si ces terres sont uniquement affectées à des rizières, le chaulage n'est pas nécessaire puisque le riz n'a pas besoin d'un sol à bonne structure.

V. — CONCLUSIONS.

Nous sommes en présence de types de « Solontchaks » formés par la Ruzizi et le sous-basement géologique. Ces Solontchaks couvraient une assez grande étendue anciennement; ils ont évolué en Solonetz suite à l'irrigation naturelle par les affluents de la Ruzizi et l'abaissement de la nappe phréatique. Les quelques taches de Solontchaks restantes sont situées sur les bords de la Ruzizi ou dans les dépressions où l'inondation est encore réalisée. Ces quelques taches restantes peuvent être améliorées par abaissement du pH. Il faut pour cela éviter les inondations et l'infiltration d'eau latérale par la Ruzizi, et les irriguer par des eaux plus douces. Les affluents conviennent à cet effet. L'état peptisé peut être évité par un chaulage rationnel si la structure doit être améliorée.

Note on a suggested Description of Subtropical Soils

by

B. S. ELLIS,

Dept. of Agriculture, Southern Rhodesia.

All workers in tropical and sub-tropical soils are aware, sooner or later, of the difficulty of fitting their soils into the well known World Groups, and various efforts have been made to devise more suitable and comprehensive systems of classification. These systems have depended on parent material, on drainage, on topography, on climate and vegetation generally, but the truth is that the soil is the product of all these factors and cannot accurately be characterised by any one, or two, of them. In the past, in spite of their unsuitability there has been an almost universal desire to fit tropical soils into the World Groups somehow and somewhere, but it is now apparent that not enough is yet known of these soils to classify them adequately. As investigation continues and becomes more widespread, and as information accumulates, a pattern, or design, will emerge from the welter of figures and observations

In Southern Rhodesia the three great soil-forming factors — parent material, climate and vegetation — do play their part, but the effect of parent material is much greater than the effect of the other two. Uniform climatic conditions and uniform vegetation do not produce, or have not produced up to the present, a uniform soil from different parent materials. Soils from different parent materials, under the same climate, remain very sharply divided, and very few of them, if any, can be squeezed into any of the World Groups.

My own view is that for Southern Rhodesia, at all events, and I think for many other sub-tropical areas, new soil groups will have to be devised in place of the Zonal Soils. These soil groups, owing to our peculiar conditions, will be best founded on a parent material basis. Thus, we would have dolorite soils, granite, epidiorite, ironstone, mica-schist, quartzite, arkose or sandstone soils, and so on for the different geological formations.

For purely local use, ordinary series names could be used, and all soil workers in Rhodesia would know what was meant by a « Salisbury clay loam ». But I feel that throughout the world there are such multitudinous series names, with the original soil descriptions filed away in past records, that they are of little use to soil workers in

general. Until such time as new and adequate groups can be found, I would suggest for use in sub-tropical countries type descriptions, which, in a line or a few lines, would indicate to other workers in similar conditions what the soils are like. For instance, « dolerite clay loam » would be a better type name than « Salisbury clay loam », which conveys nothing, of itself, to anyone outside this area. Such a description, however, is very bald and bare, and needs to be amplified. Our soils, although largely dependent on parent material, are, naturally, influenced by climate, so that the description should be broadened by adding, at the very least, the altitude, the mean temperature, and the mean annual rainfall. It might be contended that for a true picture the depth of the soil should be indicated, and the drainage. I feel that a sufficiently good picture of the drainage of the soil can be gained from its colour — at least under Rhodesian conditions — and from the vegetation which it supports. As regards colour, well-drained soils are red, brown and pink; where the drainage is slightly impeded yellowish grey or grey colours develop, and where the soil is wholly or partially waterlogged it becomes greyish black or black. Sands derived from granites are an exception to this general rule, as they may be greyish in colour and yet well drained. As regards vegetation it is felt that this will play an increasing part as a guide to soil types, and it is obvious that a knowledge of the rooting systems of the dominant trees will tell a great deal about the depth and the moisture status of the soils in which they flourish. Nevertheless it might be considered advisable to include a more direct measure of the depth of the soil.

It seems to me that a nomenclature along these lines would lead to something very much more valuable and informative than the present system. To anyone at all familiar with conditions in Southern Rhodesia the particulars given would afford a very clear picture of the different soils. Where the annual rainfall is fairly high, over 25 inches, soils will be generally deep, acid and free of soluble salts and calcium carbonate, except in the heavy vleis. Where the altitude and the rainfall are low and the temperature is high the soils will be shallower, neutral or slightly alkaline, and will tend to contain soluble salts and calcium carbonate in their lower horizons.

To express some of these notions in concrete examples : « Salisbury clay loam » would become « Red, or reddish brown, dolerite clay loam (4,800', 30", 63°F) under *Brachystegia spiciformis* and *Isoberlinia globiflora* savannah ».

« Marandellas sand » would be « Pinkish grey, or grey, granite sand (5,000', 35", 61°F) under *Brachystegia spiciformis* and *Isoberlinia globiflora* savannah ». If, in the latter example, the dominant vegetation were *Uapaca Kirkiana* the experienced investigator would realise that the deeper sand had given place to a much shallower sand with probably a gravelly layer quite near the surface. The well-drained

« Sabi Valley alluvium » would become « Brown, or reddish brown, alluvium loamy sand 1,500', 12", 73°F) under *Acacia heteracantha, Acacia sp.* and *Euphorbia ingens* savannah », whereas the mopani soils adjoining would be « Grey, or yellowish grey, alluvium sandy clay loam (1,500', 12", 73°F) with *Copaifera Mopane* dominant ».

Some soils could either be fitted into this system or could be classified as Intrazonal. Such soils are the mopani soils referred to above, and the vlei soils which occur in low-lying ground, in drainage folds, and sometimes at the head of watercourses. The mopani soil might be alternatively described as « Yellowish grey, semi-waterlogged alluvium sandy clay loam under *Copaifera Mopane* ». As, however, the nature of mopani soils depends on their genesis much more information could be gained from the first description.

Vlei soils are dependent on parent material and could be expressed : « Greyish black waterlogged (or semi-waterlogged) granite loamy sand under grass », or « Black waterlogged (or semi-waterlogged) dolerite heavy clay under grass ». For the sake of uniformity, however, it would, as with mopani soils, be better if vlei soils were described in the standard manner.

There are many soils in Southern Rhodesia which owe their nature to a mixture of parent materials : these soils are known locally as « contact » soils. In such cases it is suggested that both, or all, parent materials be given, that which contributes most to the soil formation being placed first, as, for example « Pinkish brown dolerite/granite loamy sand (4,500', 28", 62°F) with *Uapaca Kirkiana* dominant »

In Southern Rhodesia the incidence of the rainfall is strictly seasonal, and is confined to the hot summer months. If this proposed system were to be extended it would be necessary, in considering the rainfall, to know something of its distribution, and the geographical position of the locality would require to be known This will usually be very easily ascertainable, but a point to be considered is whether the latitude should be stated in addition to the other information, whether it should be given in place of the mean annual temperature, or whether some other measure of rainfall distribution would be preferable.

There are, naturally, many drawbacks to this proposed classification : the fact that it applies very well in Southern Rhodesia is no guarantee of its general suitability, particularly under very different climatic conditions. It is however felt that it would give more information than the series name, particularly as the descriptions of the series soils are not easily accessible. It would probably find its greatest use in conjunction with the series name, because then the disadvantage of its cumbersomeness for repetitive purposes would be largely overcome, and added information would be available to workers elsewhere. One drawback in particular is that it makes very little

allowance for the catenary conception, except in so far as colour and texture are concerned. It could be stated of course that a particular soil is part of a catenary succession; anyone familiar with the soils would recognise the sequence : anyone not familiar might be helped to a better understanding.

The suggestion is put forward tentatively and with great hesitation, rather to arouse discussion and to gain information from other areas, than to justify, still less to establish, a new classification. Some such system of nomenclature is informative, particularly to workers unacquainted with series names, and it has the virtue of simplicity. It is possible that soil workers with a wider knowledge of tropical and subtropical soils may be able to suggest modifications which would extend its usefulness beyond Southern Rhodesia to other parts of Africa.

COMMUNICATION N° 125

A Note on Mopani Soils

(With particular reference to the Sabi Valley, Southern Rhodesia.)

by

B. S. ELLIS,

Dept of Agriculture, Southern Rhodesia

Mopani soils are those soils which are associated with the tree *Copaifera Mopane*, and, although they vary in detail, there is a broad similarity between them which distinguished them from other soils and justifies their consideration as a soit group. *Copaifera Mopane* occurs extensively in Central Africa and is found in Southern Rhodesia, Northern Rhodesia, Angola, Portuguese East Africa, the Bechuanaland Protectorate and the Northern Transvaal, and penetrates as far north as the southern corner of Nyasaland. In Southern Rhodesia the tree is dominant in the lower-lying hotter areas. Henkel (1) says :

« The middle veld merges imperceptibly into the low veld where the mopane (*Copaifera Mopane*) is the dominant tree. Mopane occurs in nearly pure forest over extensive areas, only interrupted in places by low hills and ridges where it occurs mixed with other trees. It is

a true savannah tree, but unlike the *Brachystegias*, is capable of living in low-lying land, alternately wet and dry. In the low veld it occupies places which, in similar situations on the high veld, carry grass. The under-story of grass in such places is unusually thin and poorly developed. The tree has a fire resistant bark and its buds are protected by thick stipules. In dry situations flushing into foliage does not take place until rains have fallen. In better watered south-eastern low veld it extends northward only to the foothills and westward up the Limpopo valley to the watershed at Plumtree where it is found associated with *Proteas*

« In the low veld of the Zambesi Valley, Mopane also covers extensive areas, but on the drier western slopes of the main divide, it is frequently found on the high veld almost to the main watershed.

» Mopane is an aggressive tree and tends to oust competitors. Its associates are chiefly found in better drained areas. A characteristic associate is the Baobab — (*Adansonia digitata*). On the higher parts of the low veld it is frequently found mixed with *Brachystegia Woodiana*. »

In his Provisional Map of Vegetation Types of Southern Rhodesia, of 1930, Henkel shows *Copaifera Mopane* as the dominant type around practically the whole perimeter of the Colony, with long tongues from the peripheral mass licking up the valleys of the larger rivers to the watershed. This picture is exaggerated, but the tree does occur very extensively, and because it is always associated with soils having certain characteristics in common, the whole question merits careful investigation.

As far as is known no previous study has been made of mopani soils although they are regarded in the public mind as having distinctive properties. They are known to be generally heavier and more clayey than adjoining soils, therefore harder to work, and are usually thought of as comparatively infertile.

History of Investigation.

The investigation was commenced some twelve years ago at Umgusa, near Bulawayo. (Information regarding this area, and other areas mentioned later is given in Table I.) The soils for the most part, where no mopani occurred, were pinkish or reddish sands and light sandy loams, largely alluvial, and derived from basalt, sandstone, and some granite. Where mopani did occur the soil bore every outward appearance of infertility. Under the mopani trees, the grass, which elsewhere in the area was thick and luxuriant, faded away and vanished. The surface was scored with numerous erosion channels and gullies, with here and there a hard, caked depression. The soil profile showed from 2 to 3 inches of sand, of a pH of 6.2, crusted with flakes of silt and clay, overlying a yellowish, undifferentiated layer with a pH of 8.3, which persisted unchanged, except for increasing

compaction, to the depth of the pit, that is, 6 feet. The soluble salt content of the mopani soils averaged 0.225 % for the lower layers, whereas that of corresponding normal soil was in the region of 0.04 %. Of the 0.225 %, 0.04 % was sodium and 0.002 % potassium. The mopani soils contained up to 0.45 % free $CaCO_3$, and of a total exchangeable base content of 15 mg. equivalents per cent, exchangeable sodium accounted for 8 mg. eq. %. In the adjoining normal soils the exchangeable sodium content was negligible. De Sigmond (2) has laid it down that when the sodium equivalents in the exchange complex exceed 10-15 % the dispersing effect of the sodium cations becomes appreciable. It was therefore assumed that the compaction, the impermeability and the infertility (as indicated by the complete lack of grass) were due to the presence of exchangeable sodium.

It seemed likely, when the sodium became water-soluble and was washed out onto lower-lying ground, that this in turn would become contaminated. This was in fact found to be the case, and it was significant that the natives in that area had dug a drainage furrow down the slope, below the mopani, so that water washing off the mopani soils should discharge into a vlei, and not wash onto their productive lands.

Mopani soils were next encountered at the opposite side of the country in the Maranka Reserve, near the Eastern Border. It was noted here that mopani trees began to appear, and quite thickly, on soils derived from the Umkondo Series, that is quartzites, shales and lime stones, with some volcanic rock, mainly epidiorite It did not occur to any great extent on the granite soils, and even on the umkondo it was not associated with the customary disappearance of the grass cover, which appeared normal. No deep pit was dug in the mopani soils, but to a depth of 2 feet the soil had a good structure and a pH of 7. The patches of mopani were found mainly near run-off water channels. The inference was drawn that this mopani soil was merely a stage in the development of the barren, grassless soil with an abnormal content of exchangeable sodium that had been found at Umgusa.

An isolated patch of mopani soil was found near Shamva in the Mazoe Valley where the mean annual rainfall is between 35 and 40 inches. The soil was derived from granite and consisted, as at Umgusa, of a sandy top soil of 2 or 3 inches overlying an alkaline (pH : 9.0) hard, compacted sub soil which contained 7 mg. eq. % of sodium (out of 34 mg. eq. % total exchangeable bases) and 0.134 % of water-soluble salts.

Under conditions similar to those of Maranka Reserve, but on granite sands, further mopani soil was encountered at Romsley Estate with a few inches of sand on the surface, and a hard, compact, impervious, alkaline sub soil. Again the grass cover was scanty or non-

existent and again the content of exchangeable sodium was abnormally high.

As a result of these observations in the field, and particularly as a result of the laboratory analyses, *it was assumed that sodium was everywhere the cause of the formation of mature mopani soils.* How these particular soils had become contaminated originally with sodium was not discovered, but it was reasoned that at depth there was a saucer of rock or some other impervious layer which had prevented normal drainage, but which, under our conditions of alternate wet and dry seasons, had brought about the gradual accumulation of sodium in the upper horizons. From such contaminated spots the evil effects of sodium impregnation could spread by surface wash to normally well drained soils. The impermeability of the soil, its high pH, and increased compaction could all be ascribed to the presence of significant exchangeable sodium. The mopani tree, which flourished in these soils, was thought *to be resistant to alkalinity*, sometimes very great, to the presence of soluble salts and to the physiological dryness in the lower horizons of soils which resulted from the dispersion when wet, and corresponding compaction when dry, of the sodium impregnated colloids. This hypothesis fitted the known facts, apart from the soils under mopani trees at Maranka, which were not fully investigated, and were dismissed as merely an intermediate stage. The hypothesis fitted the facts until the investigation of the soils of the lower Sabi Valley proved that it could not account for the distribution of soils and vegetation in the low veld

Sabi Valley.

The lower Sabi Valley is a broad, flat plain between the Chipinga hills on the east and the hills running down from Bikita on the west. Birchenough Bridge (see Table I.) is at the upper end of the lower Sabi Valley. The soils which it is hoped to irrigate on the East Bank are of three main types, depending on their geological origins. The soils in the northern portion, below the Tanganda River, are derived from alluvium which is probably largely granitic in origin, but which is also affected by the umkondo of the fringing hills : there is a central belt of permian — fine, clinging sands derived from quartzites and sandstones, and finally, in the south, are the heavy, black basalt soils. The basalt soils are very heavy and rather shallow and the tree growth on them which is very sparse, probably on account of waterlogging, is confined mainly to *Acacia nigrescens* with some mopani and *Sclerocarya caffra*. The grass cover is very dense.

At first on travelling through the rest of the valley, through the alluvium, the permian, the granite and the fringing para-gneiss and umkondo (to name the soils by their parent material) the alternations in the vegetation are utterly bewildering. The two main types are a mixed acacia veld in which the dominant trees are *Acacia hetera*

cantha with *A. camplyacantha, A. albida, A. benthami, A. senegal. Euphorbia ingens, Pseudocadia zambesiaca,* and *Lonchocarpus capassa,* on the one hand, and *Copaifera mopane* on the other, and they appear to occur inextricably and inexplicably intermingled. Along the base of the hills the two types occur in successive belts, and on the alluvium on the floor of the valley there is a great central mass of mopani; while in the permian the mopani becomes increasingly prevalent.

At the time of my original visit there had been a drought just previously and there was practically no grass anywhere, with the result that one of the usually characteristic signs of mopani veld was masked. But the ground, in spite of the low annual rainfall, seemed abnormally scored with erosion runnels and channels Pits sunk in the mopani soils and in the adjoining soils under mixed acacia showed very little difference apart from an increasing compaction with depth in the mopani soils. Analysis, too, failed to reveal any great differences or any appreciable concentration of soluble salts, except in the « pans »,, the waterlogged depressions in the mopani soils, which were themselves relatively treeless. In a typical « pan » the lower horizons had a water-soluble salt content of 0.384 % (the average for the sub soils of this area being about 0.05 %) and a significantly high accumulation of transported clay in comparison with non-waterlogged mopani soils immediately adjoining

The chief impressions after a hurried reconnaissance of the East Bank and analysis of the soils sampled were .

1. Very broadly speaking the tree types were represented by a mixed acacia veld and a mopani veld.

2 On the permian and the fringing umkondo and granite hills, belts of mopani alternated, apparently haphazardly, with belts of mixed acacia, whereas on the deep alluvium the mopani seemed to be confined to the vicinity of the central drainage system, an amorphous sprawling vlei where the rivers from the hills to the east gradually drowned in the sand.

3. Water-soluble salts, exchangeable sodium and a high pH were no longer the distinguishing features of mopani soils, except in the depressions or « pans », which had been waterlogged.

4. There was little to distinguish the mixed acacia soils from the mopani soils, and there was nothing to indicate any inherent infertility in the mopani.

In connection with 4. it was noted that the natives in that area were not averse to using mopani soils for crops, in spite of the much denser growth of trees and the greater difficulty in stumping.

At the end of the following rainy season — in which good rains had been experienced — a flight over the same area gave a comprehensive picture of the vegetative growth and distribution. The two

main types were very easily distinguished and many of the « pans » still had standing water. The following, tentative, observations were made as a result of the aerial survey :

1. There was a marked difference from the air between acacia and mopani veld

2. There was appreciably less grass growing under the mopani trees than under the mixed acacia trees.

3. The mopani soils were more eroded and more heavily scored by surface water than the mixed acacia soils.

4 The mopani seemed to dominate in lower-lying areas where there had been standing water.

5 Along the banks of well defined streams and rivers there was no mopani.

6. Where mopani occurred it tended to do so in practically pure stand.

These observations would suggest that very considerable differences must exist between the habits of the vegetative types and the soils in which they grow, in spite of the fact that the previous reconnaissance had failed to reveal any. Accordingly when the reconnaissance of the West Bank was undertaken the procedure was modified. It was decided in the first place to sink pairs of pits, one in mixed acacia and the other in mopani as near as possible to each other, in all the main soil types. Secondly it was thought advisable to pay particular attention to the moisture status of the profile at the time of opening the pit. Previously, owing to the exigencies of the work, a series of pits had been dug and these were examined and sampled as opportunity arose. But on the West Bank the moisture status was investigated at once, although the detailed description and the sampling were left until a more convenient time. Finally, wherever possible, the pits were sunk next to the characteristic tree of the area in an attempt to trace the root systems.

It was at once obvious that the rooting system was of the greatest significance. The mopani tree has a very shallow rooting system : it has no main tap root but pushes out a great mass of radial roots, from a half to three or four inches in diameter, from four inches below the surface to about thirty inches. These roots may go down to about four feet at their extremities. From these radial roots smaller tap roots descend and presumably help to anchor the tree. All the space between the radial roots is filled with smaller roots and fine root hairs. This area of root development coincided with the zone of greatest soil moisture content, and of maximum water-holding capacity. That is to say that in mopani soil moisture penetrates to, and is held at, a relatively shallow depth. The acacia tree, although it can under favourable conditions, develop a spreading root system, is compara-

tively deep rooting with a large tap root; the obvious deduction, although no pit was deep enough to confirm it absolutely, is that in acacia veld the soil is more porous and better drained, and the water is accumulated at a greater depth than in the mopani veld. Field observations reinforced this conclusion.

Discussion.

The shallow accumulation in mopani soils may be due to :

1. Very shallow soil with impervious rock below.

2. The presence of sufficient exchangeable sodium to disperse the clay.

3. The accumulation of transported clay below the surface forming a relatively impervious layer.

4. Low rainfall and great heat.

All these factors are very closely inter-related. The hypothesis — that the growth of mopani is due to a combination of an extremely shallow rooting system and of peculiar soil conditions best adapted to that system — fits all the known and observed facts. In the alluvium, which is naturally deep and porous, mopani only occurs in « pans » and along the central drainage systems, where the accumulation of run-off water, bearing silt and clay from higher ground, has eventually formed an impervious layer, and in addition, (in the centre of the system), an accumulation of sodium. This occurs where the rivers from the hills have gradually disappeared in the sand, and the water, instead of being confined between banks, has spread over the surface of the soil. The effect is progressive : as the soil near the flow becomes clogged with clay, (and sometimes sodium), as it becomes compacted and impervious, water will pass over the surface to affect adjoining ground. The impregnation with clay and the resulting tendency to imperviousness will vary according to circumstances, but generally speaking it will be greater, the greater the volume of transported water and the flatter the contour. Any drainage system will therefore exhibit more serious deterioration of soil conditions in its centre than on the edges.

Where the soil arises by natural soil-forming processes direct from the underlying rock, as on the granite, the umkondo, and the permian the weathering will be shallow because of the lack of moisture in this area. The resulting general shallowness of the soil, with localised patches of alluvium, will bring about rapidly alternating belts of mixed, or acacia veld, and mopani veld. Where the drainage is good and unimpeded mixed vegetation will occur; where the soil is exceptionally porous and deep, deep rooting acacias such as *A. heteracantha* will be largely found, but where the drainage is impaired and the moisture held not far from the surface, mopani will dominate. Passing along the foothills on the east of the valley the effect of the spilling

of water is laid out in panorama. Where summer rivers come rushing out of the hills in well-defined river courses no mopani is to be seen anywhere in the vicinity. But where there is no river, where the water from the hills and higher ground spills down onto the shallow soils below, filling up the pore spaces with silt and clay, mopani at once marches in.

Mopani soils normally have a sandy, eluviated A horizon which may vary from an inch to six inches or more in depth. Grass may root in this soil but is unlikely to flourish as it does in normal soils because of the competition by the massed mopani roots for the available moisture and plant foods. This condition is known under other types of tree. Where the soil is quite barren of grass there may be two causes. In the first the concentration of soluble salts and exchangeable sodium is so high, that although a few inches of washed sand occur above the horizon of clay impregnation, grass cannot live. In the second, as found in the Sabi Valley, particularly on slopes, as the clay-impregnated layer becomes more impermeable, or as the grass thins, the top soil is washed away, and the resulting truncated soil, heavily scored with small erosion runnels and channels, is completely bare of surface vegetation. With the removal of the A horizon less and less water is absorbed by the exposed, compacted, impervious B horizon : grass cannot grow and the mopani remains stunted. It is fair to assume, where the mopani is tall and park-like, as it is in both the Sabi and Zambesi Valleys in places, that the original mopani-inducing conditions have not appreciably deteriorated and that considerable moisture penetrates to, and is held in, the mopani root zone. The impregnation with clay will often be to considerable depth and the zone of moisture accumulation extend below the mopani roots. While there is adequate moisture for the mopani the tree will flourish : the deeper water may permit of the growth of other trees and shrubs.

It remains to discuss whether or not mopani soils are capable of cultivation, and more particularly, as they occur often in arid regions. of irrigation. It is obvious that the answer in every case will be affected by different circumstances. From the point of view of this paper the only circumstance to be considered is the particular reason for the shallow accumulation of soil moisture. The lower the rainfall and the greater the heat the more easily will the conditions for mopani arise, as, unless the soil is very porous the moisture will not tend to penetrate to great depth. Under such conditions a comparatively light impregnation with transported or eluviated clay will be sufficient to retain the moisture in the upper levels. The higher the rainfall the greater will be the impregnation with clay, or sodium, or both (as they are under certain circumstances interdependent) necessary to bring about the conditions suitable for mopani. On the high veld sodium will usually be the causative agent and it is doubtful if for a long time to come the economic value of the land would justify the laborious

and expensive treatment necessary to restore the soil. In the lower Sabi Valley, with its low rainfall and high temperatures, the conditions which encourage mopani will more easily arise and the soil will, or may, be only slightly abnormal. This is the case, except in flat areas of water accumulation such as the centre of the central drainage system of the alluvium, where the impregnation of centuries has produced a high concentration of sodium and of transported clay. At Chirundu in the Zambesi Valley, on the other hand, with its relatively high rainfall, preliminary investigations have indicated a marked deterioration of the soil where mopani is found. In the B horizon of one soil, for example, the pH was 10.1 and the soluble salt content was over 2 %. Truncated soils bearing stunded mopani will be infertile because of the exposed B horizon, and the expense of regenerating them will only be justified under exceptional circumstances

It has already been stated that in the Sabi Valley natives do stump and cultivate mopani soils. It is considered that if proper and recognised precautions are taken, if the land is drained and carefully worked, and the water correctly applied, irrigation can be successfully carried out over a considerable area of mopani soils in the lower Sabi Valley.

The investigation is proceeding. Analysis of the samples taken has not yet been completed but it is hoped that tables may be presented at conference.

Some work has been done in this country on the relationship between soils and tree growth. The Sabi Valley with its uniform climatic conditions, its wide range of soils, and its irregular and puzzling distribution of mopani and mixed acacia veld, afforded an excellent opportunity for further study The application of the results to varying climatic conditions and even wider ranges of soils offers interesting material for speculation There are other species of tree of wide distribution in Africa and a study of their rooting systems and of the soils that support them might disclose a common denominator in each case which would make the task of the soil surveyor less arduous. The direct effect which climate, particularly as related to altitude, has been thought in the past to have on vegetation, might, on fuller investigation, prove to be due to soil factors, as in the case of mopani There is here a wide field for further study and research.

REFERENCES .

1. J. S. Henkel — *The relation of Vegetation to Water Supply in Southern Rhodesia.* S. A. Journal of Science, Vol. XXV, p. 48 (1928).

2. A. A. J. de Sigmond. — *The Reclamation of Alkaline Soils in Hungary.* Imperial Bureau of Soil Science, Technical Communication n° 23 (1932).

Information regarding the trees of the Lower Sabi Valley was furnisfed by Dr H. Wild, Dept. of Agriculture, Southern Rhodesia.

TABLE 1.

Information relating to certain areas in which mopani was investigated.
(Supplied by the Meteorological Office, Southern Rhodesia.)

Meteorological Station	Bulawayo	Gwaai	Chirundu	Birchenough Bridge
Altitude (feet) .	4405	3278	1280	1680
Mean Annual Rainfall (inches) .	24 23	23 47	26 21	15 27
Highest Recorded Annual Rainfall (inches)	47 33	37 14	42.48	25 82
Lowest Recorded Annual Rainfall (inches)	7.85	10 22	12 58	8 19
Mean Maximum Temperature (degrees F.)	77 8	85.7	91 2	86 6
Mean Temperature (degrees F)	65 5	70.1	78.5	73.1

Note Ungusa lies between Bulawayo and Gwaai, both geographically and meteorologically, but is nearer to the former

COMMUNICATION N° 153.

Note préliminaire de géomorphologie de la réserve forestière de M'Vuazi (Bas-Congo)

par

I DENISOFF et R. DEVRED.
Assistants à l'Institut National pour l'Etude agronomique du Congo belge

La Réserve forestière de M'Vuazi, sise sur les derniers contreforts des « Monts de Cristal », est située au Sud-Est du Territoire des Cataractes (Thysville) à mi-chemin entre Léopoldville et Matadi. Sa superficie d'environ trente mille hectares est délimitée au Nord et à l'Est par la ligne de partage des eaux avec l'Inkisi, au Sud par celles du Kwilu. Le chemin de fer du Bas-Congo jusqu'à Kiasi, que prolonge une ligne de crête sur Bangu, délimite à l'Ouest notre Réserve englobant complètement le bassin hydrographique de la M'Vuazi et de la Nkokozi.

Un tracé transversal orienté NE-SW, qui descend progressivement de 850 m. d'altitude sur la crête à 450 m. dans la plaine alluviale, suit approximativement le relief de partage des eaux entre Nkokozi à gauche et la M'Vuazi-Tava à droite.

L'ensemble du réseau hydrographique, à part quelques exceptions, est constitué de petites rivières, ruisseaux et torrents au régime irrégulier typique des régions calcaires déboisées. Seule la M'Vuazi offre un débit constant même pendant les années de grande sécheresse; elle est en effet une résurgence dont l'origine des eaux est encore inconnue et attribuée au Kwilu.

La Réserve étant située dans la zone subéquatoriale Sud, le climat général présente toutes les caractéristiques du régime tropical. La saison sèche occupe quatre mois et demi de l'année.

La moyenne de précipitation de 1.400 mm. s'échelonne sur 85 jours environ. Les averses exceptionnelles de 200 mm. en quelques heures, et les pluies de 80-100 mm. espacées de 3 à 4 jours provoquent des inondations désastreuses (voir plus loin).

La température oscille entre 19 et 31° C. en raison des pluies et entre 14 et 31° C. en saison sèche, avec une moyenne annuelle d'environ 23°.

Les lignes de crête et les sommets sont recouverts d'un dépôt sablonneux. Au fur et à mesure que l'on descend, on rencontre d'abord des schistes plissés, auxquels succèdent des couches sub-horizontales de calcaires durs à cherts en alternance avec celles des schistes calcareux.

Ces couches subhorizontales calcareuses s'étendent sur la presque totalité de la superficie de la Réserve. La répartition des sols coïncide dans les grandes lignes avec la structure géologique :

au sable correspondent les sols légers;

aux schistes et aux calcaires correspondent les sols lourds plus ou moins latéritisés et souvent caillouteux.

La savane anthropique couvre presque toute la Réserve. Par-ci par-là, des lambeaux forestiers s'accrochent aux ravins et vallées, grimpent au flanc des collines et recouvrent les sommets.

La répartition de la population, très inégale, est influencée par la rareté des terres de culture dans la région accidentée et la difficulté de trouver de l'eau potable dans la région calcaire. De grands et nombreux villages se sont groupés sur les lignes de crête sablonneuses faciles à cultiver et sur les pentes les moins accidentées. Les plaines de faible extension sont occupées en grande partie par les exploitations européennes.

Au point de vue géomorphologique, nous distinguons deux régions, une fortement accidentée, subdivisée en zone des sables et zone schisto-calcareuse, et l'autre peu accidentée. Les reliefs de ces régions passent progressivement du stade de jeunesse à celui de maturité.

La nature des roches, qui donne au paysage son aspect morphologique, influence le régime et le mode de circulation des eaux, ainsi que le travail de l'érosion.

REGION ACCIDENTEE. — ZONE DES SABLES.

Elle occupe la partie la plus élevée de la Réserve, où travaillent les têtes de source de la plupart des rivières. Dans ce stade de jeunesse, les vallées sont très abruptes et l'érosion très active. Les têtes de ravins sapent activement la ligne de crête qui sépare les bassins M'Vuazi-Kwilu et Inkisi.

L'eau est abondante dans cette région pendant toute l'année; les nombreux ruisseaux ont un débit plus ou moins constant et les fonds de vallées sont humides. Cette humidité est en relation avec la présence des couches de schiste à profondeur relativement faible. La nature sablonneuse du terrain imprime aux crêtes des contours doux et arrondis, les glissements et les effondrements font place à une solifluction continue le long des pentes et à inclinaison progressive.

Par contre, aux zones de contact sable sur schistes, les colluviations des terres en petits paliers ainsi que les glissements de grande envergure sont très nombreux et donnent au paysage un aspect très caractéristique. Le régime plus ou moins constant des vents assure à l'érosion éolienne une activité presque continue. Celle-ci est surtout importante après les feux de brousse, qui ne laissent qu'une épaisse couche de cendres rapidement enlevée. Les sols sablonneux, légers et peu acides, sont très recherchés par l'indigène. A part les plaines, ils constituent à peu près les seuls greniers pour la population autochtone.

Les horizons superficiels de ces sols ont une faible résistance à l'érosion. A titre d'exemple, nous donnons ci-après deux profils.

Le premier profil se trouve sur pente faible de 3-4 % à 860 m. d'altitude, le second sur pente forte de 40 %, à 100 m. du premier environ. Nous donnons ci-dessous leur description, les résultats des analyses mécaniques et le pH. Les méthodes employées furent les méthodes expéditives.

LE PREMIER PROFIL.

Horizon	Profondeur des horizons	Description
H 0	0 — 0	Sol gris noirâtre, sable fin meuble, non compact.
H 1	0 — 0.25-0.50	Sol gris brunâtre; beaucoup de racines dans ces deux premiers horizons.
H 2	0 — 0.50-0.70	Horizon de transition; sable fin jaune à traînées sombres.
H 3	0.70 — 0.90	Sable fin jaune très clair, peu compact, quelques taches gris noirâtre.
H 4	0.90 — 1.50	Sol gris, couleur plus claire, sol légèrement plus humide dans les autres horizons.

Analyse mécanique.

Horizon	Argile %	Sable fin %	Sable gros %	pH %
H 0	17.05	86 30	0.65	5.4
H 1	19.80	79.50	0.70	5 5
H 2	26.35	72 55	1 10	5 5
H 3	20.75	78.00	1.25	5.9
H 4	21.25	77.10	1 65	6 0

LE SECOND PROFIL.

Horizon	Profondeur des horizons	Description
H 0	inexistant	
H 1	0 — 0.20	Sol gris brunâtre, sablonneux, plus compact que l'horizon correspondant du premier profil. Passage brusque a l'horizon suivant
H 2	0.20 — 0.40	Sable jaune tacheté légèrement de gris noir.
H 3	0.40 — 0.70	Sol jaune sablonneux, meuble
H 4	0.70 — 1.50	Sol jaune légèrement humide

Analyse mécanique

Horizon	Argile %	Sable fin %	Sable gros %	pH %
H 1	21 20	77 65	0 15	4 9
H 2	30.35	68 25	0.40	5 5
H 3	31.35	67.25	1 30	5.4
H 4	30 25	68 80	0 95	5 7

L'effet de l'érosion est net : décapage de l'horizon supérieur (érosion horizontale), éluviation de l'argile en profondeur (érosion verticale) et baisse du pH. La végétation du premier profil est celle d'une savane arborée dans laquelle la strate arborescente de savane s'élève à 5 ou 6 m. de hauteur. Cette savane, floristiquement plus riche que celle des sols lourds, est caractérisée par *Albizzia* sp. et *Loudetia* sp.

Dans la strate arborescente et arbustive de savane, nous trouvons *Hymenocardia acida* TUL. toujours très abondant dans les sols légers, *Maprounea africana* HOOK, *Bridelia ferruginea* BENTH., *Psorospermum febrifugum* SPACH, *Erythrina suberifera* WELW., *Anona senegalensis* PERS., *Vitex* sp., *Vitex diversifolia* BAKER, *Albizzia* sp. (Mulu), *Strychnos Gilletii, Strychnos spinosa* LAM., *Pterocarpus* sp., etc Le couvert de ces deux strates oscille entre 10 et 35 %. Dans la strate herbacée supérieure et inférieure, les plantes typiques sont : *Loudetia* cfr *phragmitoides, Pteridium aquilinum, Aframomum* sp., *Smilax Kraussiana* MEISN., *Rhynchelytrum roseum* (NEES) STAPF et HUBBARD. Malgré les feux de brousse annuels, la régénération naturelle de l'*Albizzia* (Mulu), bien adapté aux conditions du milieu, est extrêmement abondante. Ce type de savane, protégé en « Nkunku » par l'indigène, se colonise très rapidement pour faire place après une dizaine d'années à la forêt secondaire. Après quatre à cinq ans de protection, le couvert passe rapidement de 10 ou 35 % à 60 ou 85 %.

Au second profil sur sable, nous opposons une savane en voie de dégradation, dans laquelle la strate arborescente est complètement absente et la strate arbustive représentée par quelques individus malingres dont le recouvrement total est à peine de 2 %. Dans la strate herbacée, également moins haute et vigoureuse, les *Pteridium, Smilax* font place aux *Rhynchelytrum roseum* (NEES) STAPF et HUBBARD, — « Kingoma » (herb. N° 140) et *Elionurus Hensii* K. SCHUM.

Toute la crête sablonneuse n'est qu'une suite de cultures, jachères, « Nkunku », forêt récente et ancienne. La savane caractéristique à *Albizzia* sp. (Mulu) et *Hymenocardia acida* TUL. recouvre le reste de cette région; là où le cultivateur a épuisé le sol à fond, même en pente faible, la belle savane arborée fait place à une savane pauvre, quasi herbeuse dans laquelle les *Hymenocardia acida* TUL., d'ailleurs rares, sont complètement rabougris. Sur les petits sommets surbaissés ou les pentes trop fortes, le sable de faible épaisseur, entraîné par les pluies, découvre brusquement le schiste sous-jacent en petits paliers sucessifs.

Les pluies entraînent non seulement le sable et les parties fines, mais également les plantules et toutes les espèces à enracinement superficiel dont beaucoup de Térophytes. Les petites plages se dénudent de plus en plus, par-ci par-là, des touffes d'Hémicryptophytes et même de Géophytes, dont les radicelles ont pénétré le schiste, se défendent avec acharnement pour conserver leur place. Ces plantes d'abord portées sur de petits socles de terre retenus par le système radiculaire ne sont finalement plus attachées à leur sol que par les radicelles de leur rhizome. Le schiste, violemment exposé aux agents extérieurs, durcit sa surface chagrinée par le réseau serré de petites rigoles d'écoulement.

En saison sèche, les feux courants, les vents et la sécheresse détruisent complètement les radicelles et rhizomes mis à nu par l'érosion. Cette fois, le nettoyage est complet, les dernières plantes, celles les mieux adaptées à la situation, perdent pied. Pour celles d'entre elles qui se seraient malgré tout maintenues, les premières pluies violentes mettraient inexorablement fin à leur existence. Le sol complètement décapé, dépouillé de son couvert végétal, restera pour longtemps dégradé en permettant seulement aux lichens de s'installer.

Quant à l'érosion par l'homme, les indigènes, par les feux de brousse et leurs cultures en deux stades (accumulation en buttes et brûlage des matières organiques, ensuite culture en billons dans le sens de la pente), contribuent fortement à l'érosion de leurs sols légers.

CONCLUSION. — Il est grand temps d'intervenir, afin d'arrêter la destruction de ces sols par les indigènes et par l'érosion naturelle, faute de quoi, arrivés au stade final, ces terrains si faciles à reboiser actuellement, exigeront des dizaines d'années de travail et des dépenses considérables, sans jamais arriver aux résultats que l'on peut atteindre aujourd'hui à bon marché.

REGION ACCIDENTEE.

ZONE DES CALCAIRES ET DES SCHISTES.

Le relief de cette zone se trouve encore dans un stade de jeunesse avec toutes les caractéristiques qui lui sont propres. Les chaînes de montagnes sont à contours aigus, surtout dans les schistes interstratifiés de calcaires durs, subhorizontaux. Les vallées étroites ont un profil en « V »; les torrents sont nombreux et la circulation des eaux souvent souterraine.

Le régime des ruisseaux et des rivières est torrentiel et intermittent. Ceux, peu nombreux, qui conservent un filet d'eau en saison sèche dans les « cañons » sont toujours à sec à leur entrée dans la plaine, l'eau disparaissant en profondeur. Ces plaines rares et étroites, presque dépourvues de dépôts alluvionnaires, et le lit des rivières aux méandres peu développés sont jonchés de débris rocheux de toutes dimensions.

L'érosion par l'eau est intense, vu l'allure très accidentée du terrain. Les affaissements par dissolution sous-jacente du calcaire et les glissements sur les schistes sont fréquents. Ces derniers le sont cependant moins que dans la zone précédente.

La nature des sols lourds offre moins de prise à l'érosion éolienne Ils résistent également bien à l'action érosive des eaux et gardent même sur les pentes fortes leur horizon supérieur relativement peu décapé, à l'exception des sols caillouteux beaucoup moins résistants Cette région est celle des sols lourds et compacts plus ou moins latérisés et souvent caillouteux. Nous donnons ci-après un exemple de sol de la région des schistes.

Description du profil.

Il est situé sur une pente de 30 à 40 % environ. à 800 mètres d'altitude. C'est un sol lourd et compact, de couleur ocre jaune, à H_0 réduit mais non enlevé, H_1 assez faible, à structure fissurée caractéristique pour les sols lourds de la région. Grâce à cette structure, le sol se défait en blocs plus longs que larges et plus larges qu'épais. Leurs dimensions sont variables, en moyenne de 40 à 50 centimètres de longueur. Les racines des plantes et les infiltrations des horizons supérieurs suivent fidèlement ces fissures très étroites dont les parois diffèrent, en consistance et en couleur, de la masse du sol environnant.

Horizon	Profondeur des horizons	Description
H 0	0 — 0.05	Sol gris noirâtre, grumeleux, relativement peu compact, beaucoup de racines
H 1	0.05 — 0.20	Sol brun grisâtre, granuleux, compact, beaucoup de racines.
H 2	0.20 — 0.35	Horizon de transition. Sol ocre jaune tacheté de gris sombre, fissuration abondante, racines isolées.
H 3	0.35 — 0.60	Sol ocre jaune, lourd, peu compact, granulé, fissures isolées, racines rares.
H 4	0.60 — 1.50	Sol ocre jaune, granuleux, lourd et compact, peu de fissures.

Remarque. — L'analyse de ce profil fut faite par les mêmes méthodes expéditives que pour les deux profils cités précédemment.

Analyse mécanique.

Horizon	Argile %	Sable fin %	Sable gros %	pH %
H 0	55.90	39.10	5.00	4.2
H 1	53.85	42.60	3.55	4.7
H 2	59 75	37.20	3.05	4.7
H 3	73.80	24.10	2.10	4.9
H 4	81.00	16.70	2.30	5.4

Malgré une pente identique à celle du second profil en sol sablonneux, les horizons H_0 et H_1 sont en place. Le pourcentage d'argile augmente en profondeur et celui de sable fin diminue (érosion verticale?).

Le sol est typique pour les zones à prédominance de schistes Pour les sols de la zone calcareuse, aux caractéristiques du profil citées plus haut, s'ajoutent généralement une meilleure structure et la présence de grenailles latéritiques. L'élément caillouteux est également plus abondant.

Ces sols de la zone où les schistes prédominent nourrissent une savane herbeuse homogène, floristiquement très pauvre, à *Hyparrhenia* et *Andropogon schirensis* HOCHST., dans laquelle la strate arbustive est pratiquement nulle. Dans les dépressions, au bas des pentes ou sur les paliers, la présence de *Cussonia* sp. et d'*Entada abyssinica* STEUD., est fréquente; ces deux espèces semblent être de bonnes indicatrices d'anciennes forêts détruites. Les massifs forestiers sont fortement entamés.

Les sols de la zone des calcaires caillouteux et latéritisés portent différentes associations et sous-associations végétales de savane, de la plus vigoureuse, à *Hyparrhenia* et *Fimbristylis sp.*, à la plus dégradée, à *Crossopterix* et *Elionurus Hensii* K. SCHUM. Les massifs forestiers extrêmement morcelés, généralement de petite superficie, sont tous visités et abîmés par l'indigène. Les belles jachères à *Trema guineensis*, *Ficalho* et *Musanga Smithii* R. BR. sont l'exception. L'emplacement des forêts détruites se dessine dans la savane par des taches vert pâle à *Pennisetum purpureum* K. SCHUM. qui forment déjà dans les massifs d'impressionnantes enclaves.

L'homme cultive fort peu ces terres de savane. En effet, dès que les houages viennent ameublir les horizons supérieurs, ceux-ci sont rapidement entraînés par les eaux de ruissellement. Aussi, outre rapidement entraînés par les eaux de ruissellement. Aussi, l'indigène installe-t-il ses champs à l'intérieur des lambeaux forestiers, où il bénéficie, en outre, de l'avantage d'une meilleure terre. Là, le ruissellement est atténué par la végétation forestière et le sol, de meilleure structure, est mieux conservé que dans la savane.

CONCLUSION. — Ces sols, une fois déboisés, reprennent difficilement le manteau forestier perdu. Malgré son échéance éloignée, l'afforestation doit être entreprise si l'on veut régulariser le régime des eaux et remettre en valeur ces terres actuellement délaissées.

REGION PEU ACCIDENTEE

Au fur et à mesure que l'on s'approche de la limite Sud-Ouest de la Réserve, le relief passe à un stade de maturité de plus en plus prononcé, pour se réduire dans la plaine légèrement ondulée à quelques buttes témoins. Dans les larges vallées, aux flancs peu inclinés, coulent en de nombreux méandres des rivières au régime très irrégulier. Ce relief n'a pas encore atteint l'âge sénile.

En effet, malgré les pentes relativement faibles, la plaine est parcourue de nombreux petits ravins plus profonds que larges (sols caillouteux). Le débit des rivières qui dépend du réseau serré de ravins torrentueux est sujet aux crues subites, aux conséquences parfois désastreuses.

Cette région a beaucoup de traits propres au relief karstique les résurgences, les grottes, les gouffres, les nombreuses vallées sèches, la circulation souterraine des eaux.

Les agents d'érosion continuent activement leur œuvre d'aplanissement des buttes encore existantes. L'eau est beaucoup plus active que les vents, relativement faibles dans ces parties basses du pays

Les sols alluvionnaires cantonnés dans les vallées larges des principales rivières sont englobés par les sols jaunes lourds latéritiques et souvent caillouteux (fonction de la pente). Les alluvions sont généralement des sols profonds et lourds dont le pourcentage d'argile atteint souvent 70-80 %. Ces sols sont beaucoup moins acides que les sols jaunes; leur pH atteint 6 en surface et diminue progressivement en profondeur. Ces sols alluvionnaires résistent très bien aux cultures continues et épuisantes de l'indigène. Par contre, sur les sols jaunes, les signes de dégradations, surtout par l'overstocking, se manifestent très rapidement. La surcharge du bétail constitue pour le Bas-Congo un facteur déterminant de l'érosion.

Les méthodes culturales néfastes à la conservation des sols, la formation rapide des savanes anthropiques, la destruction inconsidérée des quelques massifs forestiers encore existants, alliées à l'habitude ancestrale des feux, intensifient considérablement dans ce pays montagneux et peuplé le processus normal de l'érosion lente et progressive.

En résumé, dans toute la Réserve forestière de M'Vuazi, la lutte antiérosive s'impose. Elle est surtout urgente pour la zone sablonneuse de la crête, ainsi que pour les terres à vocation d'élevage de la région peu accidentée. Dans les plaines alluviales, le problème crucial qui se pose est celui de la régularisation du régime des cours d'eaux dont les débordements soudains sont désastreux pour l'agriculture de la région.

M'Vuazi, le 11 octobre 1948.

La matière organique et l'eau, dans les sols des régions Nord-Ouest du Sénégal

par

R. MAIGNIEN,
Chargé de Recherches
à l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale

Une des caractéristiques essentielles des sols de la zone semi-aride sénégalaise est la facilité de dégradation sous l'action de l'homme (cultures, élevage, déboisement). Cette dégradation a pour point de départ la destruction du couvert naturel du sol, ce qui provoque une perte notable de matière organique. Dans ces régions, à faible pluviométrie et surtout à mauvaise distribution des précipitations, cette perte modifie plus qu'ailleurs le dynamisme de ces sols, et par suite leurs possibilités culturales.

Les faits observés se situent dans la partie N.-W. du Sénégal limitée au sud par les provinces du Sine et du Saloum. C'est la zone de diminution des rendements en arachides

Les caractéristiques climatiques, pédologiques, écologiques ont été développées en détail à plusieurs reprises (1).

Type de sol	Emplacement	N°	Profondeur	Argile	Limon	S. F.	S g	Mat. organ	Humus
Sol châtain	Gassane	S 621	0 a 10	9 5	7.2	50.5	31.9	0.9	
		S 622	20	11.5	3.7	51	33.5	0 8	
		S 623	50	14 5	3.3	48.6	33	0.6	
		S 624	75	14	3	49.1	33	0 9	
		S 625	125	9	3.9	57	29.5	0.6	
Sol brun subaride	Mérinaghen	S 571	0 à 10	0.7	4.9	73 5	19 6	1.3	
		S 572	50	1.3	4.7	65 1	27.8	1.1	
		S 573	70	1	6.9	54 9	36 1	1.1	
		S 574	190	0.6	6.9	61.8	30.1	0.8	
Dior	Thiamène	Sa111	0 à 20	9.5	0.5	45.1	44.9	1 5	
		Sa112	50	9.7	1.1	50.3	38 8	1 1	
		Sa113	90	7.3	4.1	44.7	43.9	1	
		Sa114	210	7.5	1.2	48 5	42.8	0.8	

Nous sommes en climat tropical semi-aride. Les pluies varient de 400 mm dans le nord à 650 mm au sud, et sont réparties en une saison humide de trois mois (juillet, août, septembre).

Les sols observés sont essentiellement des sols bruns et châtains subarides et des « diors ». Ces sols sont généralement très sableux et leur teneur en matière organique est faible (8).

Leur complexe absorbant est donc très faible.

Le drainage calculé (2) pour des sols de perméabilité moyenne et pour des sols sableux donne les valeurs suivantes :

Stations	Drainage calculé	
	normal	sol sableux
Saint-Louis	16	31
Linguère	53.3	98
Dakar	47	86.5
Bambey	64	117

Nous remarquons que, si pour les sols limoneux l'indice correspond bien aux sols bruns et châtains subarides, pour les sols sableux, il correspond aux sols humifères des steppes. Or nous trouvons des diors, sols ferrugineux lessivés sans concrétionnement. Il faut voir là, l'action d'une distribution irrégulière des précipitations.

Les débris végétaux ne peuvent s'humifier que lorsque le sol est suffisamment humide, donc pendant la saison des pluies. A ce moment, et sous l'action de la chaleur, la vie microbienne devient très active, et une grande partie de la matière organique se minéralise et est entraînée par les eaux. Il reste peu d'humus. Dès l'apparition de la saison sèché, avec le manque d'eau, la vie microbienne perd de son activité, l'humification s'arrête. Les débris végétaux desséchés deviennent la proie des termites et du feu.

Les seuls points humifères observés se situent dans les basfonds, là où la nappe phréatique est près de la surface du sol (deltas inondés, marigots).

Dès la mise en culture, la matière organique tend à disparaître : la vie microbienne est accélérée; l'enlèvement des récoltes et la destruction des débris végétaux par le feu ne permettent pas une régénération suffisamment rapide du matériau organique.

De gris, l'horizon supérieur devient blanc; l'érosibilité des sols s'accroît ainsi que leur aridité (4).

Nous avons ainsi dressé un tableau sur la dégradation des sols par rapport à leur teneur en humus (5).

	Région de Louga	Région de Tivaouane	Region de Thiès, Diourbel et M'Baké
Sols non dégradés	au-dessus de 4.4 p. mille	au-dessus de 2.5 p. mille	au-dessus de 3 4 p. mille
Sols moyennement dégradés	1 à 4 p. mille		2 2 a 3.4 p. mille
Sols très dégradés	au-dessous de 1 p. mille	au-dessous de 2.5 p. mille	au-dessous de 2.2 p. mille

Les conséquences de cette perte de matière organique sont considérables sur la dynamique de ces sols et sur leur érosibilité.

Le rôle de la matière organique dans la lutte contre l'érosion est un fait universellement admis (stabilité de la structure, régénération plus rapide du couvert végétal, etc.).

Mais l'humus a également un rôle très important dans l'économie de l'eau dans les sols coloniaux.

Cet humus de réaction peu acide présente une grande affinité pour l'eau. De plus Barbier (6) a montré que l'addition de petites quantités d'acide humique se montrait proportionnellement plus efficace que celle de quantités élevées.

Nous avons observé un fait analogue sur des échantillons d'un sol châtain.

Variation de la capacité pour l'eau avec la teneur en humus

Capacité pour l'eau %	12.	12.5	18 7	24 5	11 7
Humus % . . .	0.27	0.31	0.45	1 05	0.1

Les colloïdes humiques fixent par absorption la vapeur d'eau atmosphérique, et ceci est d'une grande importance dans ces régions semi-arides sur le développement de la végétation. Les matières humiques assurent ainsi une certaine résistance aux variations d'humidité des sols. Pour une culture comme celle de l'arachide, très sensible aux variations d'humidité, ce phénomène est très important Pour la région de Louga, on remarque nettement ce fait, en comparant les rendements en arachides et la pluviométrie annuelle.

Année	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
Pluviométrie (mm) (pendant la végetation)	287	244	295	780	208	397	390	338
Rend' ha. kg. . . .	718	466	615	1291	457	511	791	755

Année . .	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945
Pluviométrie (mm)	569	441	512	290	202	595	555	442
Rendt ha. kg. . . .	819	843	626	366	195	1097	697	270

Pour une même pluviométrie, les rendements en 1941 sont la moitié de ceux de 1930, les terres, s'étant fortement dégradées et surtout appauvries en humus pendant les dix dernières années (5).

Plus indirectement, l'humus joue son rôle dans l'économie de l'eau en protégeant le sol contre les phénomènes d'érosion En effet, en étudiant des sols très sableux et pauvres en matières organiques, nous avons remarqué que la capacité pour l'eau était directement proportionnelle à la teneur en sables fins, et, semble-t-il inversement proportionnelle à la quantité de fer libre et au degré de déshydratation de celui-ci.

En reprenant l'exemple sur la capacité pour l'eau par rapport à la teneur en humus, nous remarquons que pour un rapport d'augmentation de la teneur en humus de 4 l'augmentation de la capacité pour l'eau est de 2. En comparant aux teneurs en fer libre nous avons l'explication de cette aberrance

Capacité pour l'eau	12	12.5	12.5	18.75	24.5	11 75
Fer libre % . . .	0.33	1 05	1 28	1 64	3.20	—

Dans l'étude sur les sols à arachides (5) nous avons montré que la dégradation des sols se caractérisait par un départ de matière organique et en général des colloïdes, d'où augmentation du rapport sables grossiers sur sables fins et diminution de la capacité pour l'eau :

Teneurs en sables des sols du N-W du Sénégal

(en pour-cent de terre séchée à 105)

Emplacement	Profondeur	Sables grossiers	Sables fins	Etat du sol
Thiamène	0 à 20	44.9	45.1	Sol gris
	200 à 210	42.8	48.5	peu degradé
Neun Sarr . . .	0 à 15	55.7	34 5	Sol blanc
	25 à 40	48.2	41 3	dégradé
Ecole de Louga.	0 à 5	57.3	32.9	
	5 à 20	52.3	40	———
Dune de Louga . .	0 à 4	62.7	34.9	
	5 à 10	47.9	48.8	Sol rouge
	180 à 200	47.5	49.8	très dégradé
Route de St-Louis près de Louga.	0 à 5	65.5	26.5	
	10 à 20	53.5	38.1	———

Sous l'action de l'érosion les profils se tronquent, laissent apparaître peu à peu l'horizon B très rouge. Au contact de l'air le fer libre et tout l'horizon se déshydratent; la capacité pour l'eau diminue.

Le rôle de la matière organique nous apparaît ainsi d'une importance primordiale.

Dans les sols tropicaux de la zone semi-aride, généralement très pauvres en éléments chimiques (CaO, K_2O, P_2O_5), il est nécessaire de mettre à la disposition des plantes des quantités d'eau accrues. Ceci n'est possible, en dehors d'irrigation, que par augmentation de la matière organique. De toute façon, il est indispensable de conserver un minimum de matières humiques.

On sait que les normes d'interprétation des résultats analytiques varient, en climat tropical, suivant l'humidité et le pH; en augmentant la capacité pour l'eau, on diminue les quantités des éléments assimilables nécessaires pour le développement des plants.

Il faut laisser le maximum d'eau à la plante tout en contribuant à la lutte contre l'érosion; donc :

— faciliter, par des méthodes culturales appropriées l'infiltration de l'eau dans le sol, et empêcher le ruissellement;

— accroître la capacité des sols pour l'eau par action sur le complexe absorbant, en pratique sur les matières organiques.

OUVRAGES ET ARTICLES CITES.

(1) WELTER, L. Memento du Service Météorologique. — Haut Commissaire A O F., Rufisque, 1941.

TROCHAIN, J. Contribution à l'étude de la végétation du Sénegal. Thèse, Paris, 1940 — Mem. Inst Fr. Afr. Noire, 2, Paris, Larose, 1941.

(2) AUBERT, G., et HENIN, S : Relation entre les conditions climatiques et les types de sols — C.R.A.C Sc., 1946.

(3) AUBERT G. Evolution de l'humus dans les sols cultivés au Sénégal — Journees de l'Humus, Paris, mai 1948.

(4) AUBERT G., DUBOIS, J., et MAIGNIEN, R.: L'érosion eolienne dans le Nord du Sénegal. — Cf Conférence Int. Pédologie 1947, Paris, 1948.

(5) AUBERT, G., DUBOIS, J., et MAIGNIEN, R.: Les sols à arachides au Sénégal — Rapport à M le Haut-Commissaire, Gouverneur Général de l'A O F., 1948.

(6) BARBIER: Influences de colloides humiques sur certaines proprietés physiques et chimiques des terres argileuses. — An Ag., nov.-déc. 1935, 5me année, n° 6

(7) FRANC DE FERRIÈRE, J., et NATIER, E.: Etude statistique du pH et de la potasse assimilable dans quelques sols africains. — An. Ag., sept.-oct 1932, n° 5, 2me année.

(8) AUBERT, G., et MAIGNIEN, R.: Les sols du Sénégal au nord de la Gambie britannique. — Cf. Conférence int. Pédologie 1947, Paris, 1948.

(9) MAIGNIEN, R.: Morphologie et extension des sols bruns et des sols châtains au Sénégal, Mauritanie et Soudan. — Cf. Conférence Pédologie, London, 1948.

Characteristics and Distribution of some Soil Groups of Angola

by

Professor J. V. BOTELHO DA COSTA, Eng Agr. (Lisbon).
Ph. D. (London), Instituto Superior de Agronomia

and

A. LOBO AZEVEDO
Engenheiro Agrónomo

I. - Foreword.

In the present communication, data are given, in advance of a more detailed publication, concerning some soil groups observed in Angola. The work was carried out for the « Junta de Exportaçâo dos Cereais das Colonias » in close collaboration with the « Serviços de Agricultura » of the Colony. (5) The analytical data given were obtained at the Instituto Superior de Agronomia (Lisbon).*

The soil prospection covered mainly the plateaux of the colony of altitude over 1.000 m. Map I shows the routes followed and the position of localities referred to in the text

The following explanations are necessary for a full understanding of the facts presented :

Morphological descriptions.

Colour -- The designations mentioned are those used during field work.

Texture — Texture classes were established from the knowledge of the mechanical composition of representative samples.

Structure — When not particularly mentioned it is so to be understood that the soil material is structureless.

Porosity — The term « porous » is used when cavities of 1-3 mm were observed; the term « closed » when there were no cavities > 1 mm.

* The laboratory work was carried out under the direction of Professor L.A. Valente de Almeida, by J.M. Bastos de Macedo, Miss M. de L. Palma, E.C. Franco, P.O. Pereira e Santos, R. Pinto Ricardo, J.P. Pereira Amaro, R.M. Silva Vieira and Miss E. da C. Miguel.

Compactness — Ascertained by resistance to digging and described using the terms : « loose », « friable », « firm » and « compact ».

Climatic conditions.

The climate of all regions studied is characterized by a rainy warm season and a dry cooler season.

The dry cooler season includes generally the months June to August, and sometimes also May and September. The warm rainy season corresponds to the period October-April. As a rule there are two maxima of precipitation : one, not much marked, in October-November, and another, more important, in March-April, separated by a less rainy or dry period (January-February).

Only in part of the regions studied there are meteorologic data covering sufficiently long periods for a precise definition of the climate Based on available data, maps were drawn from which the values for mean annual temperature, mean annual rainfall and Lang's « Regenfaktor » ascribed to the different soil groups were obtained.

Natural vegetation.

Data given are mostly based on the « Carta Fitogeográfica de Angola », by J. Gossweiler (8); where the vegetation types are named according to the Brockmann-Ierosch and Rubel system.

Geology.

Data given are mostly based on the « Carta Geológica de Angola », by F. Mouta and H. O'Donell (12).

Analytical data.

Mechanical composition — Determined by the International — soda Method.

Nitrogen — Determined by the Kjeldahl Method.

Soil Reaction — Glass electrode Method.

Base exchange — S, T and V values determined by Kappen's Method.

Determinations in the colloidal fraction ($<$ 0,001 mm) — The colloidal fraction was extracted by the method described by Kelley et altera (Soil Sci. 47 : 175-195) 1939.

Silica, alumina and iron oxide were determined by the methods described in Handbuch der Pflanzenanalyse. IV. Band. p. 1197.

Analytical data concerning « total » and « available » P and K will be discussed in a different publication by Professor L. A. Valente de Almeida, giving also results of organic carbon determinations.

The identification of minerals in the colloidal fraction is dealt with in a communication by J. M. Bastos de Macedo.

II. - The « yellow », « orange » and « red » soils.

Soils of yellow, orange and red colours are among the most common in the regions studied. Although intermediate colour groups were considered in field classification and cartography, only definite colour types are here described fully. However, reference is occasionally made to « pale orange » and « red-orange » soils. Yellow, pale orange and orange soils are of much more common occurence than the soils with a more or less pronounced reddish colour.

1. — THE « YELLOW » SOILS.

General description and distribution.

The surface horizon is grayish or grayish-brown, generally of the sandy loam or sandy clay loam class, as a rule with coarse elements, normally 10 to 20 cm deep. Under this horizon the soil is yellowish (sometimes becoming yellowish to pale orange with depth), as a rule of the sandy clay or clay class, generally with coarse elements, firm to compact, (compactness often diminishing with depth).

These soils sometimes show ferruginous concretions in the surface horizons, and at variable depth they generally have a horizon with very numerous concretions (Photo 1) or even crusts. Over large areas, ferruginous crusts are found very near the surface (at 10 to 40 cm), often forming outcrops (Photo 2). Besides these areas it is generally in the valleys (ordinarily not very pronounced) that the horizon richer in concretions or the crusts are nearer to the surface.

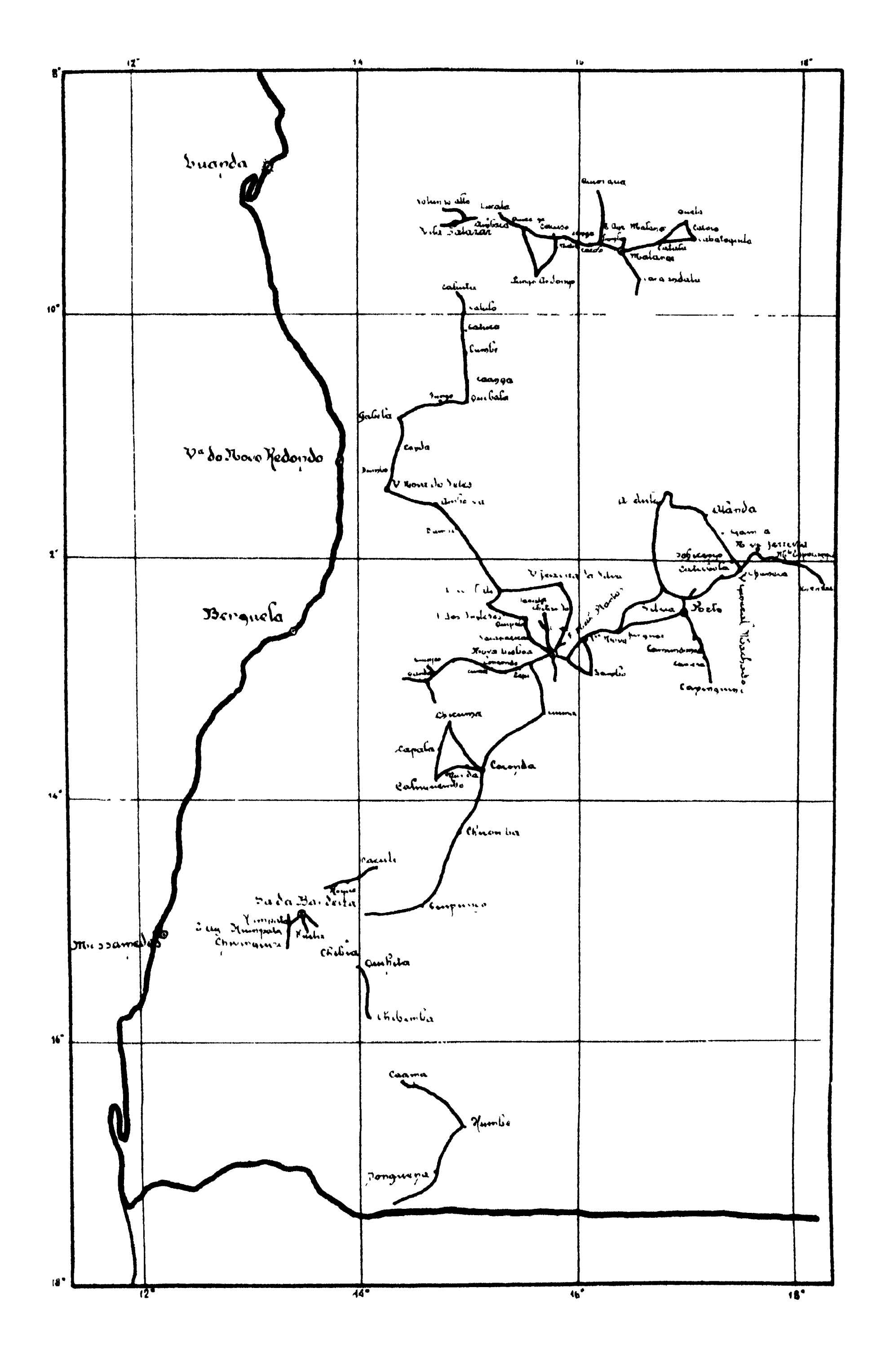
In the « anharas of ongote », which occur in the regions of yellow soils, the soil profile is sometimes very similar to the typical yellow soil profile. In other cases, however, the surface horizon is darkish gray, very rich in iron concretions, and the crusts are very near the surface, often forming outcrops. Innumerable small termite mounds are characteristic of these curious formation (Photo 3).

The yellow soils were found almost continuously along the routes Nova Lisboa-Chinguar, Vila Nova-Sambo-Vila Nova and Nova Lisboa-Cuima.

They were also found, in relatively small extensions · East of Luimbale; N.E. of Dende; immediately North of Nova Lisboa, on the route to Teixeira da Silva; Southeast of Quipeio; near F.ª dos Ingleses; North of Munda; Southeast of Chicuma; between Caluquembo and Capalo; and west of Chaneca.

Associated with other soils, they were found :

a) With « pale orange soils » morphologically similar, and in small proportion, « orange soils » : In several sections of the route Luimbale-Teixeira da Silva; following the yellow soils immediately South of Teixeira da Silva, until over one thirth of the route Teixeira da Silva — Nova Lisboa; between Tarala and Chitanda; on part of the route Silva Porto-Camera and between Camera and Caninguini, East of Quingenge; and East and West of Longondo.


Luanda
Vª do Novo Redondo
Benguela
Malange
Coconda
Humbe
Bié
12°
14°
16°
18°

b) With « pale orange soils », and « orange soils » (in larger proportion then in the first mentioned case) : In a small extension East of Vila General Machado; from a point East of Chinguar, along about half of the route to Silva Porto; and in small extension of the route Silva Porto-Camundongo.

c) With « pale orange soils », and in small proportion « red orange » soils : In a small extension South of Andulo; on the route Nova Lisboa Sacaparica; between Quipeio and Fª dos Ingleses, and West of Luimbale.

d) With « pale orange soils » and, in small proportion (corresponding to higher level ground) « red soils » : West of Quibala, along about half of the route Quibala-Fungo.

Yellow soils of much finer texture than those here described and, as far as is known, without iron concretions, were found Southwest and Southeast of Sá da Bandeira

Northeast of Silva Porto there are also yellow soils, these last of coarser texture then those of the main group.

Description of typical profiles.

P.113-E.62.

Situation. Route Cahala-Cuima, 9,7 km from Cahala.

Depth (m.)	CHARACTERISTICS
0.00-0.10	Brownish sandy clay loam, with coarse elements, friable to firm; with numerous thin roots
0.10-0.20	Of lighter colour, transition to.
0.20-0.55	Yellowish (slightly brownish) sandy clay loam (almost sandy clay), with many coarse elements, slightly porous, firm; with some roots.
0 55-1.35	Ferruginous concretions with yellowish sandy loam material; irregular compactness; some roots, coarser than those of the third horizon.

Notes. — Topography: Plain
Vegetation: Savanna (Trees and brushes).

P.134-E.68.

Situation. Fazenda Figueirense — (Quipeio).

Samples	Depth (m.)	CHARACTERISTICS
164	0.00-0.25	Grayish sandy loam, with coarse elements (quartz), closed, loose to friable; without roots.
165	0 25-0.85	Yellow to pale orange clay, with some coarse elements, closed, firm to compact until 0.35, firm from 0.35 m. downwards, with few ferruginous concretions 1 or 2 mm.)
166	0.85-1.20	Similar, but with more concretions.
268P	1.20-1.30/1 40	Similar, with more concretions; part of them larger.
269P	1.30/1.40-1.70	Soft large concretions with sandy clay loam material.

Notes. — Topography: Plain
Cultivated (recently plowed).
Difficult to work after rain or irrigation

Climatic conditions.

Annual mean rainfall . . .	1.000 to 1.500 mm.
Annual mean temperature	18 to 22 °C
Lang's « Regenfaktor » . .	50 to 90



FIG 1
Profile of a Yellow Soil



FIG. 2.
Ferruginous Crusts Exposed by Erosion.

The higher values of a.m.t. (20-22° C) and lower of Lang's « Regenfaktor » (50) correspond to the northern limit of the occurence observed. The lower values of a.m.r. (1.000-1.250 mm) correspond to the southern limit.

The values corresponding to the heavy yellow soils of Sá da Bandeira are : a.m.r. : 1.000-1.250 mm; a.m.t 18-20° C; L.R. : 50-60 Those corresponding to the coarse yellow soils Northeast of Silva Porto, are : a.m.r. : 1.250-1.500 mm; a.m.t. : 18-20 C; L R. : 60-70.

Natural Vegetation.

« Terriherbosa and savanna of several types » and « Anharas of Ongote ».

(In the yellow soils of Sá da Bandeira, the vegetation type is « Steppe of brushes ».)

Geology.

These soils are mostly found in the formation « Granits, granodiorites and quartzitic diorites (Pre-Bembe System) ». They also occur in the formation « Crystaline schists and granits of the Sóco fundamental ».

Topography.

Slightly undulating to plain.

ANALYTICAL DATA.

ANALYSIS OF A TYPICAL PROFILE (P 134-E 68)

Sample Nº	Depth m.	Mechanical Composition				Nitrogen %	pH		Exchangeable Bases		
		Coarse sand %	Fine sand %	Silt %	Clay %		in H_2O	in KCl	S m.e %	T m.e. %	V %
164	0 00-0 25	40 3	42.3	2.7	15.8	0 052	6 80	5 93	3.40	6 06	56 1
165	0.25-0.85	18 5	30.2	4.4	49.3	0 043	6.53	5 54	5.60	9 04	61.9
166	0 85-1.20	15.3	25.1	2.1	59.2	0.013	5 57	4.60	5 64	10 38	54 3
268 P	1 20-1.30 1.40	18 1	27.4	2 7	54.4	0 019	5.41	4.58			
269 P	1.30-1 70 1.40	33.8	35.1	5.7	27.7	0 017	5 73	5.73			

DERIVED DATA FOR THE COLLOIDS

Sample Nº	Depth m.	Molecular Equivalents			SiO_2 / Al_2O_3	SiO_2 / Fe_2O_3	SiO_2 / R_2O_3	Fe_2O_3 / Al_2O_3
		SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %				
164	0 00-0.25	0.502	0.483	0 021	*1.04*	23.0	0.99	0.05
166	0 85-1.20	0.567	0.491	0.021	*1.15*	27 2	1.10	0.04

COMPLEMENTARY DATA

Mechanical composition:

Percentage of clay	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon (10 profiles).	51.1*	15.6	28.7
Lower horizons (9 profiles).	59.2	29 3	43 2
(Excepting horizons described as « ferruginous concretions with some earth »)			

The higher clay content of the lower horizons is very evident indicating mechanical eluviation. The percentage of clay increases sharply in the subsurface horizons, and in general decreases slowly downwards. In the horizons described as « concretions with earth » the clay content is markedly lower than in the horizons immediately above.

Percentage of silt	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon	11.5	2.2	5.7
Lower horizons	29.7	3 9	7.0

Nitrogen.

Percentage of nitrogen	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon:			
Virgin soils (4 profiles)	0 135	0 081	0.104
Cultivated soils (4 profiles)	0 097	0.052	0.082
Surface horizon			
Virgin soils	0 076	0 019	0.038
Cultivated soils	0 036	0.007	0.022

In the majority of cases the nitrogen content of the surface horizon is 3 to 4 times higher than that of the lower horizons. The nitrogen content is somewhat higher in the virgin soils.

Reaction:

pH (in H_2O)	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon:			
Virgin soils (5 profiles)	6 43	4 95	5 69
Cultivated soils (3 profiles)	6 80	6 03	6 51
Lower horizons:			
Virgin soils (5 profiles)	5 90	4 02	5 17
Cultivated soils (4 profiles)	6 53	5 41	5 74
pH (in KCl)			
Surface horizon			
Virgin soils	5.07	4 15	4.53
Cultivated soils	5 93	4.56	5.09
Lower horizons:			
Virgin soils	5.09	4.00	4 45
Cultivated soils	5 54	4 56	4.56

The pH of the surface horizon is higher, the difference to the lower horizons being more marked in the case of the cultivated soils. In both virgin and cultivated soils the difference is higher considering values obtained in H_2O than in K Cl. Specially in the case of the surface horizon, the pH is higher in cultivated than in virgin soils. The difference is more marked considering the values determined in H_2O.

* The value is exceptional: the immediately lower value found was 39.7 %.

2. — THE « ORANGE SOILS ».

General description and distribution.

The surface horizon is brownish, generally of the clay class, often with coarse elements, firm to compact, about 10 cm deep. The lower horizons are orange heavier clays, and more compact. Normally they do not have ferruginous concretions.

The more extensive occurences of these soils were found along the routes Cacomba-Chicuma-Caluquembo-Caconda and Caconda-Cuíma, often associated with pale orange soils. More to the South they were observed on the route Caculo-Sá da Bandeira, North and South of Hoque, occasionally associated with red orange soils. Southeast of Caculo, on the same route, they are associated with « red orange » soils and occasionally pale orange soils. The same association was found on the route Chibia-Quihita, Northwest of this last locality, and. predominating on the route Silva Porto-Neves Ferreira, at and North of Camera. A similar association, but with smaller proportion of « pale orange soils », and with yellow soils, was found Southeast of Andulo, Northwest of Alanda. South of Hupata, on the route to Chivinguiro, there are « orange red » soils with subsurface horizons less compact than the typical orange soils, and with some iron concretions, associated with soils rich in concretions and crusts, and also orange soils less compact than those here considered, but, like these, without concretions.

Description of typical profiles.

P.157-E 85.

Situation Route Nova Lisboa-Bailundo, 11 1 km from Nova Lisboa.

Samples	Depth (m)	CHARACTERISTICS
189	0 00-0 10	Pale chocolate brown (with pale orange spots) clay; with coarse elements, closed firm; with few thin roots
191 (0 10-0.40)	0 10-0 85	Orange clay with some coarse elements compact: with some roots
192 (0 40-0.85)		

Notes — Topography: Plain
Vegetation: Savanna Trees and shrubs

P 193-E.115.

Situation. Route Silva Porto (Gare), Nova Sintra, 15 5 km from Silva Porto (Gare).

Samples	Depth (m)	CHARACTERISTICS
243	0 00-0 08	Pale brown sandy clay loan, porous, friable to firm, with many thin roots
244 (0.08-0.85)	0 08-0.70	Orange clay, not very compact; with few thin roots.
245 (0 35-0.70)		
246	0.70-1.40	Similar but more compact; compactness increasing with depth

Notes. — Topography: Plain.
Vegetation: Savanna



Fig 3
Termite Mounds on Shallow Soil with Ferruginous Crusts

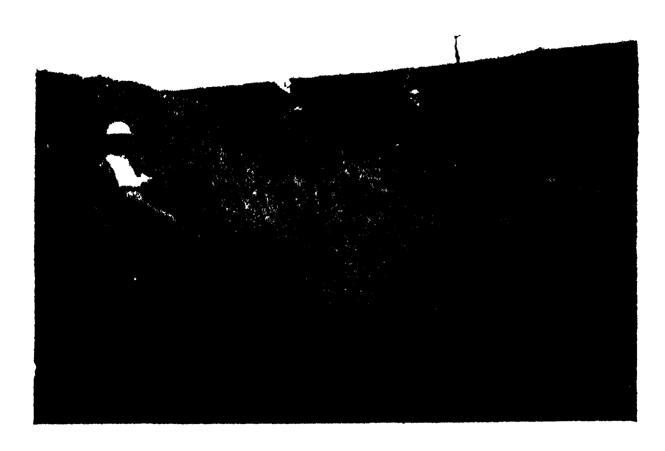


Fig. 4.
Ferruginous Crusts

Climatic conditions.

Annual mean rainfall	1 000 to 1.500 mm.
Annual mean temperature . .	18 to 20 °C
Lang's « Regenfaktor »	50 to 80

Natural Vegetation.

These soils are found mostly in zone of « Terriherbosa and Savanna of several types ». They also occur in several types of « Hiemilignosa ».

Geology.

They occur mostly in the formation « Granits, granodiorites and quartzitic diorites (pre Bembe system) » and « Crystaline schists and granits of the « Sóco fundamental ».

Topography.

Slightly undulating to plain.

ANALYTICAL DATA

ANALYSIS OF A TYPICAL PROFILE (P 157-E 85)

Sample Nº	Depth m.	Mechanical Composition				Nitrogen %	pH		Exchangeable Bases		
		Coarse sand %	Fine sand %	Silt %	Clay %		in H_2O	in KCl	S m.e %	T m.e %	V %
189	0.00-0.10	28.7	23.4	4.9	45 5	0 096	6 22	4 91	6 76	14.69	46 0
191	0.10-0 40	24.0	15.8	4.1	57 7	0.037	5 55	4.49	5 16	11 53	44 7
192	0 40-0.85	23 2	14 2	5.8	59 7	0 031	5 69	4 83	5 92	10.99	53.8

DERIVED DATA FOR THE COLLOIDS

Sample Nº	Depth m.	Molecular Equivalents			SiO_2 / Al_2O_3	SiO_2 / Fe_2O_3	SiO_2 / R_2O_3	Fe_2O_3 / Al_2O_3
		SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %				
189	0.00-0 10	0 448	0.513	0 031	*0 87*	14 64	0 82	0.06
191	0.10-0.40	0.517	0 335	0 059	*1 55*	8.81	1 32	0.18
192	0 40-0 85	0.558	0.392	0 071	*1.43*	7.83	1 21	0 18

COMPLEMENTARY DATA

Mechanical composition:

Percentage of clay	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon (4 profiles) .	72 2	18.8	43.1
Lower horizons (4 profiles)	75.7	30.6	53.5

Clay content is lower in the surface horizon. In the lower horizons it as a rule increases gradually and slightly with depth.

Percentage of silt	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon	16.3	4.4	8.3
Lower horizons	10.6	2.8	6.1

The silt content is somewhat higher in the surface horizon. In the lower horizons it generally decreases slightly with depth.

Nitrogen:

Percentage of nitrogen	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon (4 profiles)	0.071	0.033	0.064
Lower horizons (4 profiles)	0.055	0.010	0.041

The amount of nitrogen is slightly higher in the surface horizon. In the lower horizons it decreases with depth.

Reaction:

pH (in H_2O)	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon (4 profiles)	6.22	5.29	5.70
Lower horizons (4 profiles)	6.05	5.34	5.57
pH (in KCl)			
Surface horizon	4.91	4.49	4.64
Lower horizons	4.83	4.29	4.52

All data refer to virgin soils. Differences between surface and lower horizons are very slight.

3 — THE « RED SOILS ».

a) Red soils without either ferruginous concretions or crusts.

RED « CHIANGA » SOILS.

General description and distribution.

Surface horizon brown or chocolate brown, generally of the clay class, firm, very finely granular. The lower horizons are red, as a rule also of the clay class, with similar structure and compactness, without concretions.

They are deep, permeable soils, easy to work in all seasons.

Cultivation induces the formation of a compact subsurface « pan

These soils were studied almost exclusively at « Chianga » in the grounds of the « Estaçâo de Melhoramento de Plantas de Angola ». Northeast of Nova Lisboa, in a region where yellow soils predominate

Morphologically similar profiles where only found in a small extension, a few kms South of Andulo.

Description of typical profiles.

P.119-E.55.

Situation. Chianga. Estaçâo de Melhoramento de Plantas de Angola.

Samples	Depth (m)	CHARACTERISTICS
142	0.00-0.20	Chocolate brown (slightly reddish) clay, with some coarse elements, very finely granular, somewhat porous, irregularly firm to friable; with roots.
143 (0.20-0.50)	0.20-1.60	Reddish brown clay, very finely granular, friable; with some roots above 0.80 m, becoming fewer with depth.
144 (0.70-1.00)		
145 (1.20-1.60)		

Notes. — Topography: Plain.
Vegetation: Savanna.

P.120-E.165.

Situation. Chianga. Estação de Melhoramentos de Plantas de Angola.

Samples	Depth (m)	CHARACTERISTICS
147	0 00-0 15/0 20	Brown (slightly reddish) clay (classified as a loam in the field), with some coarse elements, very finely granular, irregularly friable to firm, almost closed; few thin fissures; with abundant roots.
148 (0 20-0 50) 149 (0.50-0.80) 150 (0 80-1.10) 223 P (1.10-1.50)	0 15-0 20/1.50	Reddish brown clay (classified as sandy clay in the field), with few coarse elements, very finely granular, porous, friable to firm, rare thin fissures; few roots.

Notes   Topography. Plain
Vegetation: Savanna

Climatic conditions (at Chianga).

Annual mean rainfall	1 250 to 1 500 mm
Annual mean temperature	18 to 20 °C
Lang's « Regenfaktor »	70 to 80

(South of Silva Porto, the value of L.R. in the region where similar soils were observed is 60-70).

Natural Vegetation.

« Terriherbosa and savanna of several types »

Geology.

It is believed that at Chianga these soils developed from materials derived from volcanic tuff of local occurence in the formation « Granite, granadiorites and quartztic diorites (Pre Bembe system.) »

Topography.

Very slightly undulating.

ANALYTICAL DATA.

ANALYSIS OF A TYPICAL PROFILE (P 120-E 65)

Sample N°	Depth m	Mechanical Composition: Coarse sand %	Fine sand %	Silt %	Clay %	Nitrogen %	pH in H²O	pH in KCl	Exchangeable Bases: S m.e. %	T m.e. %	V %
147	0 00-0 15 0 20	17.4	24 6	11 8	46 4	0 030	5 30	4.34	9 12	26 90	35 0
148	0 20-0 50	15 8	20 5	13.6	50 4	0.029	5 51	5 10	10 12	17 40	57 9
150	0 80-1 10	12 7	17 6	9.4	60 6	0 024	5 58	5 58	12 40	17 83	73 .

DERIVED DATA FOR THE COLLOIDS

Sample N°	Depth m	Molecular Equivalents: SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/Fe_2O_3	SiO_2/R_2O_3	Fe_2O_3/Al_2O_3
147	0.00-0.15 0.20	0 338	0.339	0.078	*0.99*	4.32	0.81	0 23
148	0 20-0.50	0.431	0.371	0.040	*1.16*	10 82	1.05	0 11
150	0.80-1.10	0.619	0.320	0.045	*1.94*	13.78	1.69	0.14

COMPLEMENTARY DATA

Mechanical composition:

Percentage of clay*	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon (7 profiles)	53.8	41.8	48.7
Lower horizons (5 profiles) .	69 1	42 3	58.6

Mechanical eluviation of clay is very evident from these figures. In the lower horizons the clay content tends to increase with depth.

Percentage of silt	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon	15 9	9 7	11 7
Lower horizons	14 2	2.5	10 2

There is no consistent variation along the profile

Nitrogen:

Percentage of nitrogen	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon:			
Virgin soils (4 profiles) .	0 109	0.060	0 092
Cultivated soils (3 profiles)	0 158	0 081	0 119
Lower horizons.			
Virgin soils	0 034	0 024	0 036
Cultivated soils	0 143	0.034	0 072

The difference between surface and lower horizons is apparent both in virgin and in cultivated soils, more marked in the first. Cultivated soils are richer. It must be borne in mind that the profiles sampled were observed in the grounds of an experimental station, where organic matter is abundantly applied to the soil. A different picture would probably obtain in the case of soils used for native agriculture

Reaction.

pH (in H_2O)	Maximum	Minimum	Average
Surface horizons			
Virgin soils (5 profiles)	6.12	5 30	5.72
Cultivated soils (3 profiles)	5 83	5 37	5 58
Lower horizons			
Virgin soils	6 81	4.87	5 66
Cultivated soils	6 33	5 04	5 43
pH (in KCl)			
Surface horizons:			
Virgin soils	5.40	4 31	4 72
Cultivated soils	4.64	4 42	4 54
Surface horizons:			
Virgin soils . . .	5.83	4.49	5 17
Cultivated soils .	5.81	4 61	5 23

The differences found with H_2O values are hardly significant. According to the KCl values, the surface horizons have slightly lower pH.

---

* In 2 out of 10 profiles the percentae of clay was about half the normal. These cases were not considered in this table.

b) Red soils without or with small amount of ferruginous concretions. Ferruginous crusts rare.

Red « Cuima » soils.

General description and distribution.

The surface horizon is reddish brown and the lower horizons dark red. They are clay soils, firm to friable as to compactness, without iron concretions or with few concretions. Iron crusts are seldom found.

They are somewhat plastic soils, considered as difficult to work.

They were found : Immediately South of Cuima, along about one fourth of the route to Caconda; Southeast of Chibia, on the route Chibia-Quihita and in small extension, North of Cuima.

Similar soils were observed : Association with orange soils, in small extensions South of Quihita, along the route to Chibemba; also similar, but finer textured soils without concretions were found in very small extensions East of Andulo, along the route to Gamba, and in small extensions immediately East of Vila General Machado, Northeast and Southeast of Catabola, along the route to Catabola. These last soils were also observed, associated with orange soils, in a small extension South of Monte Esperança, along the route Neves Ferreira-Coemba and also in small extension about half way between Vila General Machado and Neves Ferreira; and associated with orange soils in the larger part of the route Gamba-Vila General Machado.

Description of a typical profile.

P.208-E.76.

Situation. Perimetro Florestal de Guima. Route to Caconda, 3 km. South of Cuima.

Samples	Depth (m.)	CHARACTERISTICS
1034	0.00-0.25	Chocolate brown (reddish) sandy clay, with small hard clods, closed, compact (firm in some points), a few fissures with many roots.
1035	0.25-0.40/0.50	Dark red clay, with small less hard clods, almost closed; with many roots
1036 (0.50-0.80) 1038 (0.80-1.10)	0.40/0 50-1.50	Reddish clay, somewhat porous, friable to slightly firm; some thin fissures; very few roots.

Notes. — Topography: Almost plain.
Vegetation: Few shrubs.

Climatic conditions.

Annual mean rainfall	1 000-1.250 mm
Annual mean temperature	18- 20 °C
Lang's « Regenfaktor »	40- 70

Natural Vegetation.

« Terriherbosa and Savanna of several types ». « Mato of Copaifera Mopane ». (Chibemba).

Geology.

The soils of the Cuima region fall within areas ascribed to « Granits, porphires and porphirites (Post Bembe system) ». Andesites and dacites are also found in the region.

The soils of the Ghibemba region are within areas ascribed to « Anortosites and Gabros (Pre Bembe system) ».

Topography.

Variable from plain to somewhat rolling.

ANALYTICAL DATA.

ANALYSIS OF A TYPICAL PROFILE (P 208-E 76)

Sample N°	Depth m.	Mechanical Composition				Nitrogen %	pH		Exchangeable Bases		
		Coarse sand %	sand %	Silt %	Clay %		in H^2O	in KCl	S m.e. %	T m.e. %	V %
1034	0.00-0.25	4 1	48.4	15.1	35.2		6.10	4.99	7.64	16.80	45.4
1035	0.25-0 40	3 4	40 6	13.0	45.3	0 042	6.51	5.33	5.96	10 83	55 0
1036	0.50 0.50-0 80	4.1	36.9	10.5	51.1		5.72	5.00	5 60	11 32	49 4

DERIVED DATA FOR THE COLLOIDS

Sample N°	Depth m.	Molecular Equivalents			SiO^2 / Al^2O^3	SiO^2 / Fe^2O^3	SiO^2 / R^2O^3	Fe^2O^3 / Al^2O^3
		SiO^2 %	Al^2O^3 %	Fe^2O^3 %				
1034	0.00-2.25	0.449	0.300	0.023	*1.51*	19.93	1.40	0.08
1035	0.25-0 40	0.636	0.414	0.035	*1.54*	18 02	1.42	0.09
1036	0.50 0 50-0.80	0 524	0 337	0.032	*1.55*	16.26	1 42	0.10

COMPLEMENTARY DATA

Mechanical composition:

Percentage of clay	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon (5 profiles) . . .	62.1	35.2	50.7
Lower horizons (5 profiles) . . .	76 1	38.7	55.5

Mechanical eluviation of clay is apparent but not very marked.

Percentage of silt	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon	24.2	5.6	13.7
Lower horizons	15.1	6.2	11 0

The silt content is slightly higher in the surface horizon.

Reaction

pH (in H^2O)	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon:			
Virgin soils (2 profiles) . . .	6.83	6.10	6.47
Cultivated soils (3 profiles) .	5.95	4.99	5.55
Lower horizons:			
Virgin soils.	6.81	5.72	6.34
Cultivated soils	5.84	4.69	5.10

pH (in KCl)			
Surface horizon:			
Virgin soils. . .	5.75	4.99	5.37
Cultivated soils . .	4.79	4.81	4.42
Lower horizons:			
Virgin soils. .	5 39	5.00	5.20
Cultivated soils . .	5.18	4.28	4.64

Differences between surface and lower horizons are very slight. The pH of the virgin soils is higher.

Red soils of the feldspatic sandstones of the Oendolongo system.

General description and distribution.

Surface horizon : chocolate brown sandy clay with some coarse elements, friable, generally 10 to 20 cm deep. Lower horizons similar excepting as to the colour, which is red, with or without concretions and rarely, ferruginous crusts.

They were found on the route Luimbale-Teixeira da Silva, in small extensions after the yellow soils East of Luimbale; on the route Teixeira da Silva — Nova Lisboa, in two very small extensions South of Teixeira da Silva; at Lépi and westward, on the route to Cuma; and west of Longondo, on the same route.

Description of typical profiles.

P.170-E.96.

Situation. Route Chenga-Nova Lisboa, 10 km from Chenga

Samples	Depth (m)	CHARACTERISTICS
342 AP	0 00-0 10/0 15	Chocolate brown (reddish) sandy clay with very few coarse elements, somewhat porous, very friable or friable; very rare thin roots.
243 P (0.20-0.50) 344 P (0.80-1.10) 345 (1.30-1.60)	0 10 0 15-1.60	Reddish sandy clay with some coarse elements, firm (changing to friable with depth), with very few small ferruginous concretions; very rare thin roots

Notes - Cultivated

P.161-E.88.

Situation. Chenga (Caminho de Ferro de Benguela).

Samples	Depth (m.)	CHARACTERISTICS
326 P	0 00-0 10/0.15	Chocolate brown sandy clay, with few coarse elements, friable to firm, with rare small and hard ferruginous concretions: few thin roots and some coarse ones.
327 P (0.20-0 50) 328 P (0.50-0.80) 329 P (0.80-1.10)	0.10 0 15-1.45	Red sandy clay with few coarse elements, almost closed, friable to firm, with very few small and rare medium concretions (hard); few roots.

Notes — Field which has been cultivated for 3 years. The year before produced 2.500 kg./ha. of maize, and gave a good crop of small beans.
Outcrops of iron crusts are seen on the field

CLIMATIC CONDITIONS :

Annual mean rainfall .	1.250 to 1.500 mm
Annual mean temperature	18 to 20 °C
Lang's « Regenfaktor ».	70 to 80

Natural Vegetation.

« Terriherbosa and savanna of several types ».

Geology.

These soils are believed to correspond to the feldspatic sandstones of the Oendolongo system.

Topography.

Rolling.

ANALYTICAL DATA.

ANALYSIS OF A TYPICAL PROFILE (P 161-E 88)

Sample Nº	Depth m	Mechanical Composition				Nitrogen %	pH		Exchangeable Bases		
		Coarse sand %	Fine sand %	Silt %	Clay %		in H^2O	in KCl	S m.e. %	T m.e. %	V %
326 P	0 00-0.10 0.15	13 9	48.6	0 2	37.4	0 038	6 55	5 42	10 32	16 95	60 8
327 P	0 20-0 50	11.5	43 6	4.0	41 0		5 29	4 27			
328 P	0 50-0 80								4 88	10 40	49 6
329 P	0 80-1 10	10 7	45 7	4 0	41.7	0 054	5 50	4.73	4 88	9.23	52 8
330 P	1 10-1 45								4 92	8.75	56.2

DERIVED DATA FOR THE COLLOIDS

Sample Nº	Depth m	Molecular Equivalents			SiO^2 / Al^2O^3	SiO^2 / Fe^2O^3	SiO^2 / R^2O^3	Fe^2O^3 / Al^2O^3
		SiO^2 %	Al^2O^3 %	Fe^2O^3 %				
326 P	0 00-0 10 0 15	1 633	0 901	0.082	*1 81*	19.84	1.65	0.09
327 P	0.20-0 50	1 208	0 663	0.060	*1 82*	20 04	1,67	0 09
328 P	0 50-0 80	0 860	0 470	0.038	*1.82*	22.50	1 68	0 08
329 P	0 80-1 10	0 517	0 310	0 024	*1.68*	21 56	1 56	0 08
330 P	1 10-1 45	0 562	0 268	0 024	*2 10*	23.27	1 93	0 09

c) Red soils normally with small ferruginous concretions, in small amount. Ferruginous crusts very rare.

General description and distribution.

Red clay soils, firm to compact, generally deep, normally with very small iron concretions in small amount. Ferruginous crusts were only observed occasionally in the base of elevations.

These soils were found Southeast of Vila Salazar. Morphologically similar soils were observed Northeast of Gabela, until about 11º Lat. S., on the route to Caconda. Similar soils, alternating with lithosols, were found from North of Cabuta till Calulo. Transition types between these soils and the red soils rich in concretions and iron crusts, which will be later described, were found, together with reddish soils, from Calulo to South of Catuca and from Conda to South of Dumbo, and associated to pale orange soils, from Southwest of Catuca to South of Dumbo.

Description of typical profiles.

P.29-E.9.

Situation. Estaçâo Agricola Central. Môrro das Quineiras.

Samples	Depth (m.)	CHARACTERISTICS
38	0.00-0.10	Chocolate brown (reddish) clay, somewhat porous with a few thin fissures, firm, with thin and coarse roots.
39	0.10-0.30	Similar, redder than the first horizon, with some ferruginous concretions, mostly small; also with roots.
40	0.30-0.70	Reddish clay, less porous, compact, with some concretions; fewer roots.
28 P (0.70-0.90) 29 P (0.90-1.20) 30 P (1.20-1.50)	0.70-1.50	Similar; with rare thin roots

Notes. — Topography: Small plain on sloping land
Vegetation: Forest

Climatic conditions :

Annual mean rainfall	1.000 to 1.250 mm
Annual mean temperature	24 to 36 °C
Lang's « Regenfaktor »	40 to 50

Natural Vegetation.

Laurisilva.

Geology.

According to the geologic map, the area where these soils were found, corresponds to the formation « Crystaline schists and granits of the « Soco fundamental ». Southeast of Vila Salazar the following rock outcrops were found : a gneissic rock very rich in feldspat; a black fine grained eruptive rock and diorite.

The area South of Gabela where soils morphologically similar were observed, corresponds to the formation of « Granits, granadiorites and quartzitic diorites (Pre Bembe system). »

Topography.

Strongly rolling with sharp slopes.

ANALYTICAL DATA.

ANALYSIS OF A TYPICAL PROFILE (P 29-E 9)

Sample Nº	Depth m.	Mechanical Composition				Nitrogen %	pH		Exchangeable Bases		
		Coarse sand %	Fine sand %	Silt %	Clay %		in H_2O	in KCl	S m.e. %	T m.e. %	V %
38	0.00-0 10	5.1	15.7	19.1	59.5	0.307	7.10	6.30	24 80	29.74	83.3
39	0.10-0.30	5.3	14.0	15.2	65.8	0.090	6.89	6.02	17.12	21.54	79.4
40	0.30-0 70	4.5	11.8	12.6	70.4	0.008	6.85	5.89	14.16	18.97	74.6
28 P	0 70-0.90										
29 P	0 90-1.20	6.5	14.6	11 5	69.6		5.89	5.13			
30 P	1.20-1.50										

DERIVED DATA FOR THE COLLOIDS

Sample Nº	Depth m.	Molecular Equivalents SiO^2 %	Al^2O^3 %	Fe^2O^3 %	$\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$	$\frac{SiO^2}{Fe^2O^3}$	$\frac{SiO^2}{R^2O^3}$	$\frac{Fe^2O^3}{Al^2O^3}$
38	0 00-0.10	0.503	0.463	0.024	*1 09*	21 22	1.03	0 05
39	0.10-0 30	0.556	0.450	0.021	*1 24*	27 05	1.18	0.05

COMPLEMENTARY DATA

Mechanical composition

Percentage of clay	Maximum	Minimum	Average
Surface horizons (5 profiles)	67 7	44.2	57.0
Lower horizons (5 profiles) . .	76 5	46 2	64.5

Mechanical eluviation is apparent. In the lower horizons, the percentage of clay first increases then descreases with depth.

Percentage of silt	Maximum	Minimum	Average
Surface horizons	19.1	8 4	14.2
Lower horizons	16 9	7 2	12 1

Normally the surface horizon has a slightly higher amount of Silt. Below, the variation is neither regular nor very marked down the profile.

Nitrogen

Percentage of nitrogen	Maximum	Minimum	Average
Surface horizon	0.307	0.173	0.192
Subsurface horizon	0 121	0.069	0.088
Lower horizons	0 053	0.002	0 021

Natural vegetation (forest) explains the higher percentage of nitrogen in comparison with the other soils described.

Réaction:

Réaction	Maximum	Minimum	Average
pH (in H^2O) . .	7.10	5.21	6.29
pH (in KCl) . .	6.30	5.10	5.51

There are no significant differences between the pH at different depths, so that only the grand averages are given.

d) Red soils normally with ferruginous concretions and crusts.

General description and distribution.

Surface horizon : Chocolate brown sandy clay or clay, generally friable and less than 20 cm deep. Lower horizons : Red clay, firm to compact, with ferruginous concretions. Sometimes with crusts which may appear as outcrops.

They were found : On the route Vila-Salazar-Quizenga, from near the branch route to Golungo Alto until Northwest of Ambaca, on the major part of the route Lucala-Quizenga; South of Quizenga, along the

northern part of the route Quizenga-Pungo Andongo; South of the river Cole, North and South of Quiongua, on the northern part of the route to Lombe, followed, until about two thirds of the distance between the river Cole and Lombe, by similar (coarser) soils, with darker sub-surface horizons, along part of the route Quela-Catoio.

Similar soils were also found along part of the route Quizenga-Cacuso, associated with gray soils without concretions.

Description of typical profiles.

P.92-E.91.

Situation. Route Cacuso-Quizenga, 31 km West of Matete

Samples	Depth (m.)	CHARACTERISTICS
153 P	0 00-0.20/0.25	Chocolate brown clay, somewhat porous friable, with rare ferruginous concretions; with roots.
154 P	0 20/0.25-0 60	Dark red clay, friable, with rare small concretions with few roots.
155 P	0.60-0.90	Dark red clay, with numerous concretions (number of concretions increasing with depth); firm to friable; few roots

Note - Topography: Nearly plain.
Vegetation: Savanna

P.40-E 16.

Situation 3.5 km east of Lucala, on the route to Quizenga

Samples	Depth (m)	CHARACTERISTICS
53 P	0.00-0.20	Chocolate brown (reddish) clay, porous, with small clods (1-2 cm.), friable with some small iron concretions, with thin roots.
54 P (0 20-0 50)	0 20-0 80	Lighter, more markedly reddish clay, with some coarse elements, firm, with rare small concretions, some fissures; with some roots, their number diminishing below 0 50.
55 P	0 80-1.00	Similar, with more (large) concretions

Notes. — Topography: Slightly sloping.
Vegetation Savanna, with few shrubs

Climatic conditions.

Annual mean rainfall . . .	1 000 to 1 250 mm
Annual mean temperature .	20 to 24 °C
Lang's « Regenfaktor » . .	40 to 50

Natural vegetation.

« Terriherbosa and savanna of several types and *Hiemilignosa of Berlinia, Brachystegia, Combretum* ».

Geology.

These soils are mostly found within the formation « Crystaline schists and granits of the « sôco fundamental ».

Topography.

Slighly undulating.

ANALYTICAL DATA.

ANALYSIS OF A TYPICAL PROFILE (P 40-E 13)

Sample Nº	Depth m.	Mechanical Composition				Nitrogen %	pH		Exchangeable Bases		
		Coarse sand %	Fine sand %	Silt %	Clay %		in H_2O	in KCl	S m.e. %	T m.e. %	V %
53 P	0 00-0 20	9 0	29 2	14.0	49.6		6.02	5.03	15.40		
54 P	0 20-0.50	5.2	14.2	14 2	66 1	0.027	6.09	5.30	12 48		
55 P	0 50-0.80						6.21	5.68	12 72		
56 P	0 80-1 00	5.2	10 5	6.1	80 9	0.022	6.27	5.68			

DERIVED DATA FOR THE COLLOIDS

Sample Nº	Depth m	Molecular Equivalents			SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/Fe_2O_3	SiO_2/R_2O_3	Fe_2O_3/Al_2O_3
		SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %				
53 P	0 00-0 20	0 542	0.389	0.086	*1.39*	6 27	1 14	0.22
54 P	0 20-0 50	0.538	0.363	0.079	*1 48*	6 77	1 21	0 22
55 P	0 50-0 80	0.553	0.362	0.074	*1 47*	7.20	1 22	0.20
56 P	0 80-1 00	0 619	0 337	0 075	*1 84*	8 26	1 50	0.22

III. - Discussion.

It would be outside of scope of this communication any attempt to review the various and often conflicting opinions that have been expressed concerning the so-called process of « laterization » (or perhaps more correctly « lateritization ») and the use of the terms « laterite » and « lateritic ».

In order to consider the classification of the soils described, some aspects of these matters must however be referred to.

The authors are inclined to agree with Pendleton that « divergencies in the definition of « laterite » have arisen largely because of inadequate data and because of insufficient first-hand knowledge of a representative range of tropical profiles ». (14).

(*) The authors do not feel sure that this is indeed the original (Buchanan's) sense.

From Pendleton's description it is apparent that the *author applies the term « indurated » to a « hard » formation*. It is true that Buchanan (3, vol. 3, p. 154) describing a bad type of soil says that it is « a hard earth composed of decayed *broken laterite* ».

In vol. 2, p. 431, in his description of the Malabar iron industry, laterite appears indeed as « indurated clay ». Howexer, in the fuller description of laterite he gives in vol. 2, p. 4440, he clearly states « what I have called « indurated clay »......... is diffused in immense masses » ..... « In the mass, while *excluded from the air, it is so soft, that any iron instrument readily cuts it*, and is dug up into square masses. and immediately cut into the shape wanted » « *It very soon after becomes as hard as brick* ».

Pendleton very definitely holds the view that the term « laterite » should only be employed « in the original, restricted sense* : namely... » the indurated slaglike or pisolitic iron-oxide-rich, illuvial horizon in the soil, of such a physical character that the material can be quarried out and used structurally » (14).

According to this view a « laterite soil » is one which such « laterite horizon » is found in the profile; a « lateritic soil » one in the profile of which there is an incipient or immaturely developed laterite horizon, and in which a true laterite horizon will develop if the prevailing conditions persist long enough ». (14).

On the other hand, according to the United States Soil Survey (4) following Marbut's views, the « laterite soils » of Pendleton are considered as an intrazonal group of soils : the « ground water laterite soils ».

The « normal » soil of a zone is not necessarily the predominating soil of that zone. Nevertheless the reluctance to consider such soils as merely intrazonal formations is understandable in view of the fact that they are now known to occupy extensive areas in Thailand (13), in the plateaux of Angola, and that ferruginous crusts and iron impregnated subsoils are of common occurence in Australia, South China, Brazil, etc. (9).

It is pertinent to recollect here that the work of Vageler, Milne and others (6) has shown that current views on zonality, developed by european and american pedologists, are, over vast areas of the tropics, very far from holding.

These facts taken together with the work of Alexander, Heindricks and Faust (who have found gibbsite in the colloidal fraction of soils which are not lateric), suggest that, as Green points out (9), it now seems possible that undue emphasis has been given to the occurence of aluminium in laterites. Other facts could be quoted (1), (13) tending to show that current chemical criteria for specifying the so called « degree of laterization », such as the well known classification of Martin and Doyne (10), have become somewhat questionable.

Let us now consider some aspects of the formation of the ferruginous hard crusts.

It seems now definitely established that contrary to what for a long time was admitted they do not as a rule develop directly on the surface. Normally concretions and crusts are formed at a depth depending on the ground water level, within the zone of intermittent saturation. They may be found very near the surface, or even appear as outcrops, mostly as a result of erosion.

Though according to Mohr (who believes a substantial part of Harrassowitz's hypothesis is no longer tenable) iron crusts may develop under permanently moist hot climates (11), they are most commonly found in regions with a more or less pronounced dry season, which

determines conditions favourable to oxidation and dehydration of iron oxides. Level to gently sloping relief is the most favourable to their extensive development.

Concerning the formation of ferruginous concretions and crusts another point must be borne in mind, namely the influence of drainage waters carrying dissolved material from higher into lower land. According to Greene lateral movement of seepage waters explains many important features of tropical soils (9). If such water movements, depending mostly on regional topography, have great importance in the translocation of iron, the ferruginous concretions and crusts may develop within material only moderately weathered. The statement by Pendleton and Sharasuvana (13), that « under most conditions the percentage of concretionary material in laterite soils and lateritic soils likely indicates the degree of weathering better than the silica/sesquioxides ratios in the colloidal clay », — must therefore be considered with some reserve, though concretions of bog iron ore which occur on and within slopes which encircle accumulations of water are, according to Vageler (15) easily distinguishable under the microscope from laterite iron crusts.

Undoubtedly « in soil survey work field applicable criteria for evaluating soils are essential » (13). Pendleton points out that « laterite or other lateritic horizons are easily distinguished in the field, and since laterite soils are infertile, the presence or absence of laterite in a soil is an important criteria of soil character » (13). We have just seen, however, that laterite like formations may be taken, without the aid of microscope examination, as true laterite. On the other hand, the infertility of soils with ferruginous concretions cannot always be taken for granted. Thus for instance, according to Croegaert, some of the best cocoa soils of Belgian Congo, richer than other cocoa soils in exchangeable bases and P_2O_5, show abundant concretions (7).

Another point to consider is that the « laterite horizon » may lie sufficiently deep in the profile to escape notice by the ordinary methods of soil surveying.

All this points to the conclusion that exclusively morphological classifications, however appealing to those concerned with soil survey work, should not be given undue weight.

In the author's opinion, in the present state of our knowledge of the problems of tropical pedology, any exclusive classification, either chemical or morphological, could lead to serious errors either from the point of view of soil genetics or concerning soil utilisation. It is highly desirable to arrive at a fuller understanding of the significance of chemical data currently used, but they cannot lightly be discarded. Thus, for instance, whatever their value to assess the degree of weathering, the silica/sesquioxides ratios of the colloidal fraction are still valuable for soil characterization, for, the knowledge of the nature

of the inorganic soil colloids is of paramount importance, in the tropics as in the temperate regions. Other methods may of course be used for the same purpose.

In soil classification, as Bradfield stated, « The colloid chemist needs the help of the trained eye of the morphologist. The morphologist needs the information supplied by the refined techniques of the colloid chemist. « Each group must learn from the other. » (2)

In the classification of South African soils, Van der Merwe includes the soils in the « laterite » and « lateritic » groups according to their chemical composition. The term « ferruginous » is added when the profile shows ferruginous concretions and crusts (16). Although the emphasis given to chemical data will not have the support of all pedologists, his use of both chemical and morphological data in a logical scheme of classification interesting vast areas should be recognised as a very important contribution to the systematics of tropical soils.

Considering the profiles the analysis and morphological descriptions of which are given in the next, in relation to the classifications of Pendleton, and Martin and Doyne, we come to the following results :

Yellow soils	*according to Pendleton's classification*	*according to Martin and Doyne's classification*
P.134-E.68	lateritic	laterite
Orange soils		
P 157-E 85	non lateritic	lateritic (?)
Red soils		
P.120-E.65	non lateritic	laterite
P.208-E.76	non lateritic	lateritic
P.161-E.88	lateritic	lateritic
P. 29-E. 9	lateritic	laterite
P. 40-E.16	lateritic	lateritic

There is no sort of correlation between the appearance of ferruginous concretions and the « degree of laterization » as expressed by the silica-alumina ratio of the colloidal fraction, a fact that several authors have already ascertained (16). We have seen that Pendleton considers the presence of concretions as a better indication of the degree of weathering than the values of the silica-sesquioxides ratios of the clay fraction, and as a sure sign of soil poverty. It follows that soils with ferruginous concretions should be poorer than morphologically similar soils without them. As far as higher content of exchangeable bases and higher base exchange capacity may be considered to indicate higher fertility, the data given in this communication cannot be said to uphold such a view. The values of S and T corresponding to the soils Pendleton would consider « non lateritic »

(P.157, P.208, P.120) are comparable to the S and T values found for two of the soils he would classify as « lateritic » (P.134, P.161), and significantly lower than the values found for two other « lateritic » soils (P.40, P.29), specially the last one.

All the profiles show somewhat low values of S and T. The pH values are above 5 and mostly well below 7 (P.29 is the only clear exception). Both these characteristics correspond to what is to be expected in more or less intensely weathered materials. It is worth noting that according to Martin and Doyne's classification all the pro files fall indeed within either the « laterite » or the « lateritic » class. There is however no correlation between the values of S and T and the distinction between « laterite » and « lateritic » according to the silica-alumina ratio.

On the whole the values of S and T found, although rather low, are somewhat higher than those found by Baeyens for the soils of the Belgian Congo (1). This may be due to some extent to the use of different methods of determination. Like the Congo soils, the soils of Angola here considered have a rather high V value (generally over 50 %).

Of all the soils described only the Red Chianga soils show generally the very marked friability chacteristic of the intensely laterized soils. The upper horizons of typical profile P.120 have indeed low silica-alumina ratios (0.99 and 1.16). One of the more friable horizons of the soils described is the surface horizon of P.134, with the ratio of 1.04. The rather low values found for the compact horizons of P 157 (1 55 and 1.43) are somewhat puzzling. In the same profile, the upper horizon, described as firm, has the lowest ratio found (0.82).

We have already mentioned Van der Merwe's system of classification. Going a step further it seems indicated to distinguish between the soils (laterite and lateritic) with ferruginous concretions and those with both concretions and crusts. This can be conveniently done by using the term « ferruginous » for the first and employing the well known term « ironstone » for the second.

Following these rules we should have :

P.134 Yellow ferruginous laterite soil
P.157 Orange ferruginous lateritic soil
P.120 Red laterite soil
P.208 Red lateritic soil
P 161 Red ferruginous lateritic soil
P. 29 Red ferruginous laterite soil
P. 40 Red ferruginous lateritic soil

The group of yellow soils described includes soils with and without ferruginous crusts. The last, if the silica-alumina ratio is lower than 1.33, would be classified as « yellow ironstone laterite soils ».

The group may be referred to as a complex of « ferruginous lateritic » and « ironstone laterite soils ».

The last group of red soils described, as far as existing chemical data allow to say, is a complex of « ferruginous lateritic » and « ironstone lateritic » soils.

Very likely the first complex includes also « lateritic » and the last « laterite » soils.

REFERENCES.

1 BAEYENS, J., 1938. — *Les Sols de l'Afrique Centrale spécialement du Congo Belge.* Tome I.

2 BRADFIELD, R., 1935. — *The Bearing of Recent Advances in Soil Colloids on Soil Classification.* Trans. 3rd Int. Congr. Soil Sci. 2; 134-142.

3 BUCHANAN, F., 1807. — *A Journey from Madras through the Countries of Mysore, Canara and Malabar.*

4 BYERS, H.-G., KELLOGG, C-F, ANDERSON, M.-S., THORP, J., 1938 — *Formation of Soil. in Yearbook of Agriculture* U.S. Department of Agriculture.

5 COSTA, J.-V. BOTELHO DA., AZEVEDO, A. LOBO, 1946.— *Missão Agrológica a Angola (Relatório do Trabalho de Campo).* Junta de Exportação dos Ceneais das Colónias.

6 IDEM, 1947. — *Les Terres Noires du Nord de l'Angola.* Compt. Red de la Sem. Agric. de Yangambi. 2: 594-607.

7 CROEGART, J., 1947. — *Note sur quelques Sols à Cacoyers au Congo Belge* Compt. Rend. de la Sem. Agric. de Yangambi, 2: 582-588

8 GOSSWEILER, J., 1939. — *Carta Fitogeográfica de Angola.*

9 GREENE, H., 1947. — *Soil Formation and Water Movement in the Tropics* Soils and Fert. 10: 253-256.

10. MARTIN, F.-J., DOYNE, M.-A., 1927. — *Laterite and Lateritic Soils in Sierra Leone.* Jour. Agr. Sci. 17: 530-547.

11 MOHR, E.-C.-J., 1944. — *Soils of Equatorial Regions, with special Reference to the Netherlands East Indies* (Transl. by R.-L. Pendleton).

12. MOUTA, F., O'DONELL, H., 1933. — *Carta Geológica de Angola.*

13 PENDLETON, R-L., SHARSUVANA, 1942 — *Analysis and Profile Notes of some Laterite Soils and Soils with Iron Concretions of Thailand.* Soil Sci. 54 1-26.

14. IDEM, 1946. — *Analysis of some Siamese Laterites.* Soil Sci. 62: 324-440.

15 VAGELER, P., 1933. — *An Introduction to Tropical Soils.* (Transl. by H. Greene)

16 VAN DER MERWE, C.-R., 1940. — *Soil Groups and Sub-Groups of South Africa*

Dehydration Curves of some Soils of Angola

by

J. M. BASTOS DE MACEDO
Engenheiro Agrónomo
Instituto Superior de Agronomia.

The investigation of the mineral composition of the colloidal fraction of soils of Angola is being carried out at the I.S.A.

As X-ray determinations could not be completed in time, only the dehydration curves (obtained by intermitent heating from 50° to 700° C) are here considered.

Morphological descriptions and analytical data concerning the profiles studied, are given in another communication to this Congress (2).

DISCUSSION OF THE RESULTS

The dehydration curves obtained for several representative profiles, are given in Fig. 1 and 2.

Yellow soil.

P. 134 — Both the curves obtained show clearly the kaolinitic nature of the material : marked and sharp loss of water at 500° C; the form of the curves beyond 500° C, and the total loss of water are very definite indications. The curve corresponding to sample 166 shows more contamination of Fe and Al, originating the losses until 400° C On this point the result is consistent with chemical data (2).

Orange soil.

P. 157 — The colloidal fraction seems to be mostly formed by kaolinite-halloysite associated with Fe and Al.

In both profiles the values of the molecular ration SiO_2/Al_2O_3 and SiO_2/R_2O_3 confirm the conclusion.

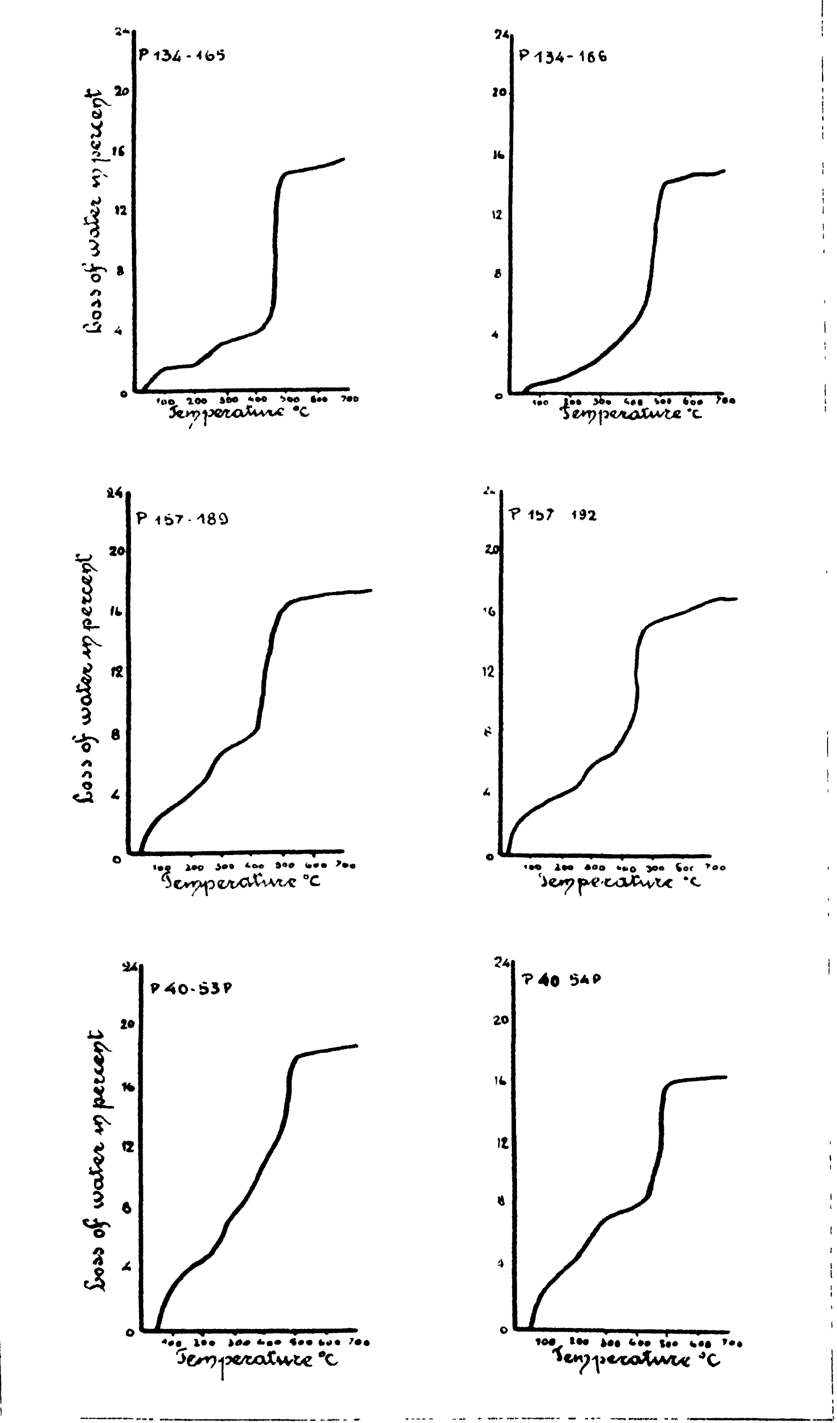

P 134-165
Loss of water in percent
Temperature °C
P 134-166
Temperature °C
P 157-189
Loss of water in percent
Temperature °C
P 157 192
Temperature °C
P 40-53 P
Loss of water in percent
Temperature °C
P 40 54 P
Temperature °C

FIG. 1.

Red soils.

Of the profiles P. 40, P. 208 and P. 120, the curves corresponding to the first two show well marked initial inflections (200-400° C), followed by a sharp variation near 500 C The first are probably due to hidrargillite or allophane (1), while the last may probably be ascribed to the presence of kaolinite or halloysite. The method employed cannot be used to separate them and determine their relative proportions.

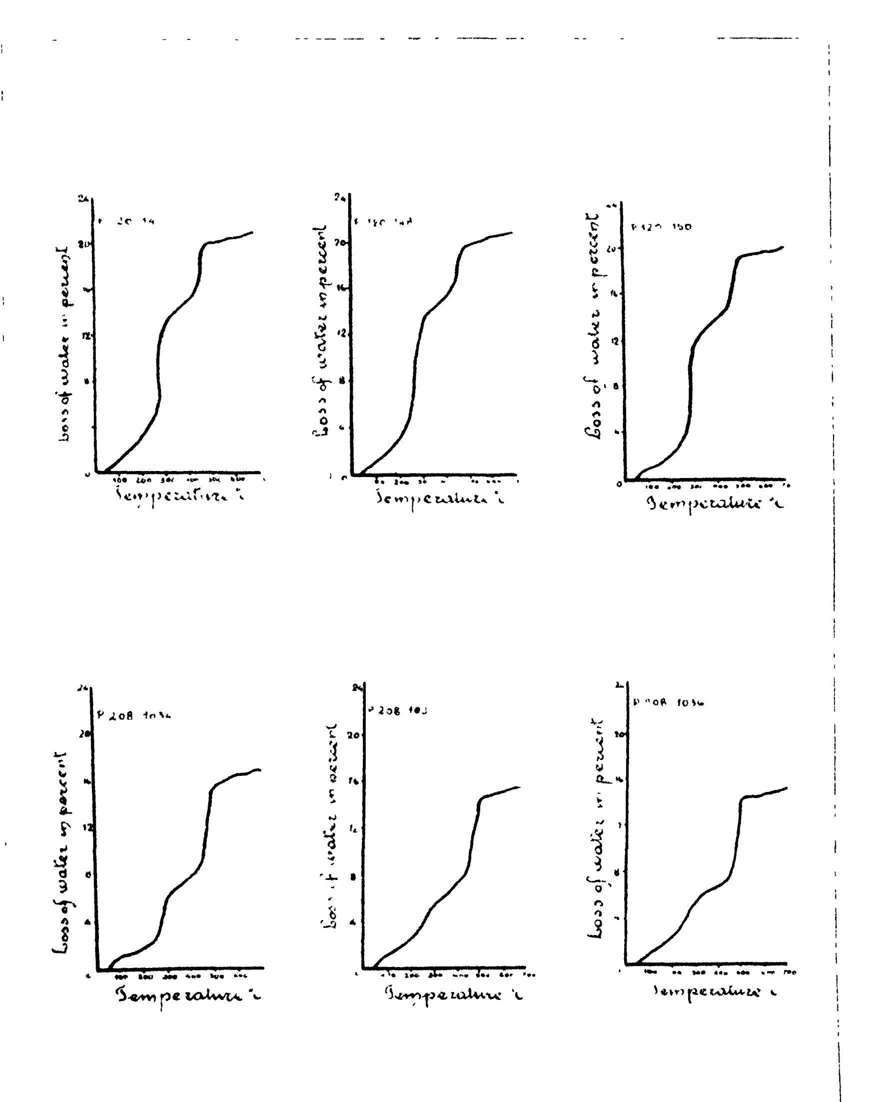


FIG 2

The curves obtained for P. 120 show a development which shows some similarity to the curve typical of Al (OH), (3). There is a marked effect at 300° C, and another at 500° C. The first is probably due to hydrargillite and the second to kaolinite or diaspore. The chemical data are consistent with this opinion.

According to the morphological descriptions, the surface horizon of the soils studied is generally « friable » to « firm », and the « compactness » increases with depth. This is partly due to differences in clay content, but partly also to differences in the mineralogical composition as shown by dehydration curves and chemical data. Thus, in P. 40 (of a red soil), Fe and Al decrease with depth, and the effect at 500° C, ascribed to kaolinite, becomes more marked. The same obtains in P. 134 (yellow soil) and P. 157 (orange soil).

P. 120 belongs to the Red Chianga Soils, on the whole very friable and easy to work even immediately after rain or irrigation, whereas P. 208, belongs to the Red Cuirna Soils, which have very different characteristics, being considered as difficult to work. The curves explain well this differences, as P 120 has a much higher content of Fe and Al.

REFERENCES

1 **Bastisse, E. M.** 1947 — *Determination du type mineralogique des argiles* (1) « Ann Agron », 3 398-454.

2 **Costa, J. V, Botelho da Azevedo, A Lobo** 1948 — *Characteristics and distribution of some soil groups of Angola* « Conference Africaine des Sols » Goma, 1948.

3 **Richard, J A, Chandler, Jr, R. F.** 1943 — *Some physical and chemical properties of mature podzol profiles* « Proc Soil Sci Soc Am 8 »

A Brief Report on Peat Lands of Mozambique

(A preliminary study of their properties and their treatment for crop production)

by

L. PEREIRA COUTINHO, I. S. A.,
Engenheiro Agrónomo.

INTRODUCTION

For some time our Official Technical Services have been studying the formation, known in the vernacular under the name of « Machongos », in view of their eventual appropriation to crop production

There is no adequate scientific term to designate these formations The best approximation would be peat, and if their state of evolution is to be considered they might be called: incipient peat

However, the vernacular name has obtained wide usage in Mozambique and very little inconvenience will derive from its adoption, although the term is not directly connected with the formation but with the places where they occur, that is: the land with many springs. It happens that these formations are found near springs, where the natives get their supply of potable water. As interpreted by europeans, the word implies soils with high organic matter content.

Wilson and Staker (1) report as peat soils, those that have an ignition residue of less than 50 % and muck soils those with a residue higher than 50 % but still high in organic content.

More recently, Waskman uses, in his brilliant work (2), the term peat and peat soils in a wider meaning.

In Mozambique, peat soils have been farmed more or less successfully; variations being due in the main, to the individual characteristics of each Machongo but also by the interference of periodic deposits left by river floods.

The process followed in their appropriation for agricultural purposes, if only in the control of their waters which entail considerable variation in the results, is of great importance.

Attention has been called upon these formations for two reasons : Firstly, the impounded water is easily manageable and controlable. This fact is of paramount importance in a region with low rainfall.

Secondly, the wealth of vegetation and of vegetal residue give at first sight the impression to the layman of a promised land.

No wonder then, on these premises, the attention focussed on these formations by our Technical Services.

The subject is however very complex with biochemical phenomena so much at variance to those happening in ordinary soils that we lack all experience in the treatment of these soils and that investigations must start from scratch.

We cannot therefore give, in this paper, more than a modest contribution toward their knowledge, though elements may guide investigators.

Our Technical Services continue their researches and we may expect from them a better understanding of the problems involved, which will be all to the benefit of the colony's economy

II. — DESCRIPTION, ORIGIN AND CLASSIFICATION.

a) Description.

The most developed formations are to be found near the seaside and are intimately related to old maritime dunes

In their natural state, without interference of any kind, the peat soils are permanently flooded and support a typical vegetation, very exhuberant and variegated, often arboreal.

Falling vegetation is immediately submerged and its complete decomposition is therefore prevented; organic matter is slowly altered by anaerobic processes. Organic matter is thus accumulated to great depths of up to one or two metres

At the surface the coloration is dark brown, but getting lighter with increase in depth. At a depth of 2 or 3 meters it is light brown. It appears then as a jelly-like substance, very different in appearance to the surface material.

When the covering vegetation is removed and the Machongo drained, the organic blanket, consisting of recent deposits, and which is separated off by the lowering of the water level, quickly darkens and decomposes as air gets access and totally different kinds of phenomena are set off; bacterial activity switches over to the aerobic form.

Fauna and flora are changed which all contribute to consume rapidly the accumulated organic matter.

The general aspect of the problem is thus rapidly outlined; detailed examination being undertaken further on.

b) **Origin.**

In the bibliography at our disposal the information as to the origin of these formations is very obscure and refers only to climatic and local conditions with no connection to the problem under review.

The formations to which we refer are found in the depression between ancient dunes whose origin and evolution have special characteristics.

Having a closed cycle these formations might be called according to the proper terminology (Von Post, cit. 2) autochthonous peats.

Their origin is closely connected to conditions of localisation and climatic environment and many factors, which are neither easy to determine nor their importance easily assessed, contribute to their maintenance and development. Unquestionably the existence of the dunes is the major factor involved whilst the origin of the water is ascribed to rainfall and, were it not its rapid infiltration in the sandy soil thus largely escaping evaporation which is very high in these regions, no springs would exist in the lower parts of the dunes

Let us note here, with Vageler (3), that the quantity of rain water lost by direct or indirect evaporation in tropical climates is not inferior to 50 % of total rainfall, this amount being even higher under certain conditions

It is easily understandable, in these conditions, that the Machongo could not have come into existence if some sort of imperviousness is not developed in the bottom of the depressions.

Once the imperviousness is developed — and one must suppose that the process is very slow — the situation is totally changed. Rapid and successive deposition of organic matter is followed by elevation of the water level, which is governed to the extent to which the areas of deposition and imperviousness enlarge.

This equilibrium may sometimes be upset and there must have happened times when, in dry spells, the flora has been deeply modified — as evidenced by submerged wood — followed by flood-periods which again modified the flora.

Many points concerning these Machongos are still very obscure and it is to be wondered, in particular, how the mineral elements are supplied to the root system, which obtains the mineral elements either from soil solutions or by exchange from soil colloids.

These peat soils have a very high organic colloid content and serve the same purpose as the mineral colloids in ordinary soils, namely that of exchange agents of the mineral plant nutrients.

The chemical activity of the organic colloids is very much higher than of the mineral ones. This activity is easily assessable by the

exchange capacity of cations — in this respect they are far more active than the most active clays.

The interest in the problem is centered not on the colloids or how cations are exchanged but whence the latter's supply comes. The problem cannot of course be simplified to the extent of explaining the nutrition of the present vegetation at the expense of accumulated former generations of plants

Although such elements as phosphorus and potassium are easily liberated through decomposition others, such as calcium, magnesium, etc. are strongly witheld, fact that has been observed in Sphagnum peats. (2).

Moreover, analyses of samples collected at different depths (see table below) in such formations show retention of considerable quantities of mineral substances at all depths and without any concentrations at the surface as would happen if the present vegetation depended on the residues of former generations.

Depth in cms.	% of ashes
1-8	2.0
8-20	1.14
20-30	1.02
30-46	0 90
46-61	1.06
184-214	0.99
460-480	1.10
550-580	2.83

(cit 2)

This table shows the retention of mineral elements.

This theory can easily be discounted inasmuch as the decomposition period and very incomplete at that, of a deposit of 1 metre thickness can be estimated at 600 years (2).

On the other hand one can easily conceive that the rain water, percolating through the higher land encircling the Machongos, is enriched in solutes, inasmuch as rain has, under tropical climates a relatively high content in nitric acid (about 20 kgs of HNO_3 are brought annually to an hectare by rainfall).

Analyses of some Machongo spring water show that this contention is correct; they have a residual content of about 125 to 333 milligrammes per liter.

It can be assumed that these formations receive the bulk of the plant nutrients through spring water; these being absorbed directly or fixed by the organic colloids.

Chemical analysis of « machongo » spring water samples.

	Nº 1	Nº 2	Nº 3
pH	5.0	5.2	5.0
Residue at 105-110°C	0.398 grs/l	0.227	0.201
Loss on ignition	0.065 » »	0.043	0.076
Silica (SiO^2)	0.083 » »	0.048	0.034
Iron (Fe^2O^3)	0.0002 » »	0.0003	0.0005
Aluminium (Al^2O^3)	0.0007 » »	0.0008	0.0016
Calcium (CaO)	0.004 » »	0.003	0.006
Magnesium (MgO)	0.008 » »	0.008	0.010
Sulfates (H^2SO^4)	0.007 » »	0.012	0.010
Chlorides (NaCl)	0.23 » »	0.10	0.09
Sodium Oxide (Na^2O)	0.037 » »	0 032	0 013
Potassium Oxide (K^2O)	0.044 » »	0.044	0.032
Nitric Nitrogen (KNO^3)	0 015 » »	0.003	0.003
Ammoniacal Nitrogen (NH)	0.00004 grs/1000000	0.00004	0.00004
Phosphorus (P^2O^5)	0.000008 » »	0 00005	0 00004
Organic matter:			
(1) Expressed in cc $KMnO^4$ (N/100, alcaline sol.)	15 cc/lit.	13	24
(2) Expressed in grs of O^2.	0 0012 grs/lit	0 0010	0.0019

Locality of collection of samples

Nº 1 — At « machongo » of S. Paulo de Messano (The Mission of)

Nº 2 — At « machongo » of Chongoene.

Nº 3 — At « machongo » of Maiangalane, near the Pavi Lagoon

( ) **Classification.**

Classification of Machongos can be viewed different ways. Thus, some authors consider the actual or pre-existant vegetation; others consider their physical properties and mechanical characteristics. either by themselves or in relation to botanical characteristics. Others again, consider the origin of the deposits; they are then classified either as autochthonous or allochthonous (Von Post, 2) according to whether the organic deposits have their origin in local or foreign vegetation. The allochthonous formations are also considered as sedimentary but as sedimentation occurs in all cases the former designation is preferable.

Classification has also been considered from other standpoints such as the quantitative supply of plant nutrients, the position of the water-level or the physical aspect of the surface layers.

Among these classifications the best appears to us to be that distinguishing autochthonous and allochthonous formations, to which can be added mixed formations.

Lereno Barradas (4) classifies them into pure, sandy, and clayey and so takes only the physical aspect into consideration which is more in relation to the phases of evolution than to their origin or formation

Botanical classification is based on the predominant species; although useful when one species is envolved it has its drawbacks in stands of equally balanced species. Further it should be stated that a whole variety of species, in the course of ages have contributed to their formation.

It seems that botanical classification should be reserved for investigations of an academic character whereas for practical purposes the advantages that can be derived from it are rather meagre.

The autochthonous and mixed types are the most frequent and in the latter case foreign deposits are usually brought by river floods with the result that the ratio of mineral elements to organic matter is improved, which leads to a higher fertility

Typical examples of the mixed type of Machongo are found along the Incomati river in Southern Mozambique and it can be stated that their high fertility is due to a perfect balance between organic matter and mineral elements which are deposited in their most active form, that is, the colloidal.

These floods, generally regarded as detrimental, should in truth be controlled rather than prevented; for, in the latter case, there would be a loss of fertilization.

From the agricultural point of view this mixed type of Machongo cannot bear comparison with the autochthonous type (Vila Jâo Belo, etc.) which have been and will always be of lower agricultural value.

III. — DECOMPOSITION OF THE VEGETATION RESIDUES IN « MACHONGOS ». THE MOST IMPORTANT PHYSICAL AND CHEMICHAL CHARACTERISTICS.

(a) DECOMPOSITION OF THE VEGETATION RESIDUES IN « MACHONGOS ».

As regards the chemical phenomena happening in the decomposition of submerged plant material it can be assumed that it is mainly a question of hydrolysis.

The sequence and character of these phenomena are still hypothetical. The only thing known is that a slow concentration of carbonaceous compounds takes place, which ultimately constitutes peat.

This is very patent, as can be seen from the series of analyses performed by J. Websby (5).

The action of the micro-organisms cannot be minimized and although anaerobic in character it is well known that these organisms, mainly fungi, according to Bielikova, play an important rôle in the first stages of evolution of these formations.

A great quantity of bacteria is also found all down the profiles.

A — Plants of the Sphagnum Sp.;
B — Sample at the peat surface;
C — » of light coloured peat;
D — » of slightly coloured peat;
E — » of black peat;
F — » of intensely coloured brown.

	A	B	C	D	E	F	G
Carbon	49.88	50.33	50.86	59.71	59.70	59.71	62.54
Hydrogen . . .	6.54	5.99	5.80	5.27	5.70	5.27	6.81
Oxygen . . .	42.42	42.63	42.57	32.07	33.04	32.07	29.24
Nitrogen	1.16	1.05	0.77	2.95	1.56	2.95	1.41

(Expressed with reference to the dried material at 100°C and calculated assuming them ashless.)

It appears in this matter that chemical and biological phenomena cooperate without possibility of discriminating which of them is preeminant; it is possible that they are complementary; the micro-organisms opening up the way for the chemical processes specially as regards the breaking down of the epidermal plant tissues.

Carbonization of cellulose is hypothetically suggested according to the following equation :

$$12(C^6H^{10}O^5) \rightarrow C^{62}H^{72}O^{24} + 8\ CO^2 + 2\ CH^4$$

It must be noted that we are here not solely concerned with cellulose but also in the decomposition of such produce as proteins, starches, sugars, oils, etc.

Waskman (2) suggests that decomposition follows four processes in succession :

1. Rapid decomposition of water soluble substances.
2. Slow decomposition of celluloses and hemi-celluloses.
3. Gradual accumulation of resistant components, viz. lignins, resins and waxes.
4. Synthesis of cellular substances of microbes, leading to the high protein content observed in certain formations.

According to the same author, the most easily attacked substances are proteins and their derivates, sugars and starches; hemi-celluloses, pectins, oils and fats are slowly decomposed; lignins, cutins, resins, terpenes, and alkaloids are the most resistant.

The last substances are by far the richer in carbon and their progressive accumulation explains the observed gradual increase of this element with age and depth.

(a) PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS.

The physical and chemical properties of greatest interest to us are those directly connected with agriculture.

In this matter it is convenient to establish a comparison with clay. With organic matter, cohesion and adhesion are low; so is density; whilst the water holding capacity is comparatively larger. The latter property is evident, since, 1 part of organic material can withold 9 to 25 parts of water, whilst clay is saturated by 53 to 58 % of its weight of water.

It is of interest to note that water holding capacity disappears when the material is dried; it is restored though by freezing (2). The most acceptable explanation appears to be that, on drying, air gains access into the small canalicules that pervade organic matter; water holding capacity is retrieved when this air is extracted.

Specific heat of organic material is about twice that of clays.

Heat conductibility is low; this explains why organic soils are cool in summer and warm in winter.

Another important fact to be taken in consideration, when appropriations are contemplated (viz. drainage schemes), is the important reduction of volume that results from drying.

Chemical properties of interest to agriculture will be dealt with now.

As happens in mineral soils, high chemical activity is due to the presence of colloids, and here it must be recalled that organic colloids are more active than mineral ones.

It is to be remarked that though colloids have a high retention capacity for gases and cations, that prevents their leaching, it does not impair their absorption by rootlets coming in contact with them.

It is in this way that cations are stored to the benefit of plant nutrition.

Investigations on the exchange capacity and on other chemical properties of colloids are informative as to the cation holding capacity and as such are useful in the judicious application of fertilizers, specially when the natural deficiency in mineral elements of the Machongo is considered.

Leaching is very high in these soils and, were it not for the colloidal particles, application of fertilizers would be useless.

Application of fertilizers is subject, however, to certain conditions to safeguard their maximum absorption.

As expected, exchange capacity values, as tested in samples of Machongo, are very high safe in instances where considerable amounts of sand have been added, which is a procedure employed by natives where these formations are prepared for cultivation.

The extent to which this property is exhibited depends on the nature of the formation, its state of decomposition and its humidity content.

A sample of peat with predominance of Sphagnum species, containing 67.7 % of water, absorbed an average of 19.08 grs of ammonia for every kilogramme (cit. 2).

It was also noticed that the higher the acidity, the higher was the ammonia absorption capacity.

This property has been used in the manufacture of manures, by ammonium fixation, an increase of 5 % of nitrogen is obtained in the product.

It has been used as litter in place of straw or grasses in stables to the same purpose, and in this respect it shows great advantage because of its absorbtion capacity, with regards to nitrogen and other substances.

Besides the remarkable chemical activity of the colloids we may note that its high acidity due to the high ratio of humic acids is also of agricultural importance.

This characteristic and the deficiency of mineral elements are the two disadvantageous factors we have to cope with in converting the Machongos to farmland.

At first thought it would appear that this acidity can be reduced by saturating the humic complex with a base, which in practice is done by liming.

Such treatment has, however, at least two consequences. Firstly, humic colloids are strongly buffered and thus strongly resist any change in Ph value. Secondly, besides the injuriousness of lime to plants, it causes ammonia to be freed, which in this case, because of the high nitrogen content, would be a serious disadvantage

This contention was supported by pot experiments conducted to determine rates of liming to be applied in the field.

Since this acidity is not easily corrected without danger, it seems that the difficulty should be overcome by choosing crop-plants and excluding those that are not suited to acid soils. By operating so, we only but follow one of the basic principles of plant ecology.

Liming in moderate doses, however, seems to be beneficial. Benefit, which appears to derive from a better equilibrium of the humic complex.

If light and moderate liming are beneficial it becomes definitely injurious when doses of 16 T/H are applied.

IV. — CHEMICAL ANALYSIS OF SOME SAMPLES OF « MACHONGOS ».

Sampling, methods and results.

In this chapter the analysis of a few samples of Machongos will be discussed and in which were considered the mineral fraction and other characteristics of import from the agricultural point of view.

It appeared advantageous to perform the total analysis, though at first thought there does not appear to be a mineral fraction. There is one, however, but small. Its origin can be ascribed to sand and dust brought by wind from the neighbouring dunes.

Besides total analysis such determinations as exchangeable bases, exchange capacity, soluble phosphoric acid, Ph, etc., were carried out

Organic colloid determinations were omitted since floating material interfered with it; suitable methods for these determinations are under study.

On account of the small number of samples and because results varied considerably, mainly due to the fact that some samples came from Machongos since long under cultivation and which have received, to this purpose, additions of soil from neighbouring land, no general conclusions are drawn.

(a) SAMPLING.

Because of the absence of layering in the profiles (only a steady transition from plant material at the surface to completely altered components at the bottom is observable) and as our interest was focussed on the deposits above water level (all samples were collected in drained Machongos), we carried out sampling as follows :

Vegetation was cleared away on an area of 1 sq. meter. Surface material being then removed to a depth of 30 cm, well mixed, and put in an air tight tin (16 × 12,5 × 12,5 cm). In some cases a second sample was collected by remoing the material to a depth of 60 cm. The tins were made air-tight by fixing a rubber tape to the lid. Exclusion of air prevents any extensive decomposition.

The samples, preparatory to analysis, are spread out in a thin layer on a sheet of paper and air dried rapidly. When perfectly dry they are powdered with a wooden pestle and passed through a 2 mm mesh sieve. After a thourough mixing a sample is taken from this on which the total analysis is carried out.

To this purpose, 25 to 50 grs of this material are weighed, passed through a 2 mm hole sieve, finely powdered in an agate mortar and passed through a 100 mesh sieve (100 meshes to the linear inch). The refuse is again ground in the mortar until all the material is reduced to fine powder. Care must be taken, of course, to avoid any loss.

It is advisable to use a mechanical mortar as by hand these operations are very tiring.

When all has been finely powdered the sample is well mixed and kept in stoppered bottles.

As the two fractions are used for different determinations, we designate fractions A and B, the 2 mm. mesh and the fine powder, respectively.

(b) METHODS.

The different methods adopted for the determinations were as follows :

1. *Humidity.* Loss of weight after six hour drying in oven at 105-110° C.

2. *Loss on ignition.* Obtained by direct ignition of 1 gr. of material in a platinum crucible, the residue being kept for the fusion with Sodium Carbonate.

The determination of silica, iron, aluminium, phosphorus, calcium and magnesium was performed by the usual method of fusion, colorimetric methods being adopted for the further separations, since, the presence of some of them was very small.

3. *Silica.* Determined gravimetrically, after separation from hydrochloric acid solution by successive evaporations.

4. *Iron.* Determined colorimetrically after separating the total oxides, Fe + Al + P + Ti, from the silica filtrate and subsequent fusion with Potassium Pyrosulphate. The bulk of oxides, after the fusion with Potassium Pyrosulphate, was dissolved in 10 % H_2SO_4. This was brought to 250 cc., iron being determined colorimetrically, based on the formation of the double salt of $Fe(CNS)_3$, 9 KCNS.4 H_2O, of red colour, when a ferric iron solution is placed in contact with Potassium Thiocyanate.

5. *Phosphorus.* Determined colorimetrically from the above sulphuric solution, according to Damias-Denigès' method, using the formation of the blue colour, due to the Molybdenum Blue, Mo_3O_8.

6. *Titanium.* Determined colorimetrically, in the above solution, taking into consideration the formation of the complex, $H_2TiO_2(SO_4)_2$, when a solution of Titanium Sulphate is oxydised by Hydrogen Peroxide.

7. *Aluminium.* Determined by difference.

8. *Calcium.* Determined on the filtrate from the iron group, evaluated volumetrically by means of $KMnO_4$(N/10 sol.).

9. *Magnesium.* Determined gravimetrically under $Mg_2P_2O_7$, in the Calcium filtrate.

10. *Potassium and Sodium.* Determined according to Lawrence-Smith's decomposition method and, in the final stage, separation and weighing of mixed chlorides, determination of Chlorine by Volhard's method, and calculating K_2O and Na_2O by indirect method.

Analytical results.

(With reference to air dried material)

N° and place of sampling	SiO^2	Fe^2O^3	Al^2O^3	TiO^2	Mn^3O^4	CaO	MgO	Na^2O	K^2O	P^2O^5	Moisture	Loss on ignition	pH	C	N	C:N
1. Chongoene « machongo » at surface	4.82	0.50	0.42	Traces	—	2.07	0 92	0.10	0.32	0.05	14.02	76.00	4.8	41.58	2.25	18.48
2. Congoene « manchongo » at surface	5.01	0.31	0.41	»	—	2.07	0 89	0.01	0.34	0.09	14.18	76.20	4.4	39.37	2.25	17.49
3. Chongoene « machongo » 30-60 cms	2.20	0.31	0.32	»	—	2.22	1.11	0.68	0.09	0.07	16.15	76.00	4.8	40.13	2.19	18.32
4. Chongoene « machongo » 30-60 cms	10.45	0.81	0 67	»	—	2 24	1 13	0 12	0 34	0 15	15 00	68.07	5.0	29.90	2.39	12.51
5. Lumäne « machongo » at surf .(farmed for a long time)	17.39	0 28	3 35	0 10	—	1 75	0 07	0.61	0.18	0 27	10.78	66.49	4.6	30.24	2.33	12 97
6. Sample from Barra do Limpopo « machongo » (farmed for a long time)	18.90	1.65	5 07	0.18	—	1.14	0.86	0.13	0 37	0.05	8 92	62.43	5.0	35 38	1.69	20.93
7. Idem	31.02	1.10	6.16	0 30	—	1.72	0.26	0.16	0 39	0.16	7 24	51.94	5 0	20.31	1.66	12.23
8. « Machongo » sample taken at Manhiça	31.38	1.25	8.73	0 12	—	1.24	0 24	0 20	0.20	0 29	8.00	49.30	4.4	22.94	1.57	14.61
9. Sample from native farmed « machongo » taken at Lumane	45 95	1.13	8.24	0.25	—	1 75	0 57	0.26	0 37	0.28	11.10	31 10	5.0	13.31	1.13	11 77
10. Idem	36 03	1 17	6 73	0.20	—	1 91	0 50	0 26	0.40	0 18	12.96	39.20	4.8	17.10	1.02	16.76
11. Sample from native farmed Barra do Limpopo « machongo »	56.15	0.55	15.00	0 42	—	1 51	1 35	0 31	0.80	0.10	5.60	17.23	6.0	5.69	0.51	11.15
12. « Machongo » sample with great quantity of sand at surf. owned by M. Barros.	82.01	0.35	0 61	0.20	—	1 58	0 27	0 05	0 66	0.06	3 08	10 87	7.6	3.80	0.40	9.50

N. B. — The samples 1 and 2 were taken at the surface, at never-farmed place. The others were collected at native and european farmed places, at surface, excepting 3 and 4.

(Results expressed in equivalent milligrams and referred to 100 gms. of the material dried at 100-110°C).

Sample n°	Total exchangeable bases	Exchangeable Calcium	Exchangeable Potassium	Exchange Capacity
1	90.0	36.0	0 5	171.0
2	88.0	41 0	1.8	167.0
3	93.0	47.0	0 6	128.0
4	104.0	50.0	2.1	152.0
5	20.0	13.0	0.5	96.0
6	52.0	23.0	0 4	98.0
7	53.0	22.0	0.3	87.0
8	6 0	4 0	0.9	103.0
9	23 0	11.0	0.6	79.0
10	27.0	14.0	0.6	77.0
11	43.0	20 0	1.3	55.0
12	13.0	11.0	0 1	19.0

Analytical Results (cont.)

Sample n°	Available P^2O^5 (grs. %)	Nitrate Nitrogen (expressed in NO^3) (grs. %)	Moisture (grs. %)
1	0 012	0 051	13.07
2	0.015	0 025	13 60
3	0.004	0 011	12.65
4	0 016	0.059	13.80
5	0.006	0.044	7.28
6	0 008	0.003	7.43
7	0.004	0 003	5.95
8	0.005	0 057	7.48
9	0 008	0.004	11.55
10	0 008	0.001	9.21
11	0 007	0.030	4.70
12	0 016	0 005	1 10
13			

N B. — The sample numbering is referred to the samples described in the previous table (page 16).

11. *Total Nitrogen*. Determined by Gunning Hibbard's method.
12. *Carbon*. Determined by wet combustion by de Nardo's method.
13. *Soluble Phosphoric Acid*. (Soluble in 1 % Citric Acid). Determined colorimetrically on the citric extract, according to Damias-Denigès' method.
14. *Nitrate Nitrogen*. Determined colorimetrically by means of phenol-disulphonic acid, on the basis of the formation of ammoniacal salt of the nitro-phenol-disulphonic acid, of yellow colour.
15. *Total Exchangeable Bases*. Determined according to prescribed methods by A.O.A.C. (8).
16. *Exchangeable Calcium*. By A.O.A.C. methods.
17. *Exchangeable Potassium*. By A.O.A.C. methods.
18. *Exchange Capacity*. By A.O.A.C. methods.
19. *pH*. Determined colorimetrically.

V. — POT EXPERIMENTS.

(a) CRITERION FOLLOWED.

Pot experiments were carried out with the purpose to guide field experimentation on a larger scale and subsidiarily in view of obtaining data of immediate practical value. These investigations cannot be underestimated because of the paucity of our knowledge on the Machongo. They certainly did clarify doubtful points but nevertheless the bulk of investigations is still to be performed.

Full and carefully planned field experiments will have to be conducted before large scale irrigation schemes are to be established.

The pot experiments were conducted on soil from a Machongo of the autochthonous type, recently drained but not farmed yet. The Machongo is situated at a place called Chongoene.

The Tomato was chosen as test plant as it has been observed that it thrives well in this type of Machongo.

The treatments were the same in all cases. Tests were carried out in triplicate. The seeds were planted in the pots.

Additions, manures, and fertilizers were calculated in aliquots to an area of 1 Hectare and mixed to a depth of 10 cms, in solid form if in sufficient quantity, water solubilised when not.

Sand was added in ratio to the pot capacity and was well mixed, additions were at the rate of 20 and 50 % of the pot volume.

The schedule adopted was as follows :

1. « Machongo » alone.
2. Sandy loam soil of the Umbeluzi Experimental Station.
3. « Machongo » plus plant ashes at the rate of 3.5 T/Ha.
4. » plus lime at the rate of 1 T/Ha.
5. » plus lime at the rate of 4 T/Ha.
6. » plus lime at the rate of 16 T/Ha.
7. » mixed with 20 % (by vol.) of sand.
8. » mixed with 50 % (by vol.) of sand.
9. » plus manure at rate of 10 T/Ha.
10. » plus manure at rate of 40 T/Ha.
11. » plus manure at rate of 60 T/Ha.
12. » fertilized as follows :

Superphosphate (18 %) . . .	500 Kgs/Ha.
Potassium Chloride	250 Kgs/Ha.
Sodium Nitrate	200 Kgs/Ha.
Magnesium Chloride.	20 Kgs/Ha.

13. « Machongo » fertilized as in 12., but without $NaNO_3$.
14. » fertilized as in 12., but without KCl.
15. » fertilized as in 12., but without Superphosphate.
16. « Machongo » fertilized as in 12., but manure added at the rate of 40 T/Ha.
17 » fertilized as in 16., but without $NaNO_3$.

Note : T/Ha means metric Tons per hectare.

Photographic records were taken :

1st set : 45 days after seeding.

2nd set : 60 days after seeding. (Taken when the most advanced plants started to flower).

(b) JUDGING THE RESULTS.

Inspection of the photographic records show what follows :

1. — Plants established on Machongo soil, without any treatment, are weakly, much weaker than than those obtained in the sandy loam of the Umbeluzi Experiment Station.

2. — Satisfactory results were obtained by an addition of 3.5 T/Ha of plant ashes.

3 — Liming, at the rate of 1 T/Ha, gave satisfactory results, while very satisfactory ones were obtained with 4 T/Ha. Doses of 16 T/Ha proved to be fatal to the plants.

4. — Incorporation of sand, which is widely practiced by natives and some european farmers, at the rate, of 50 % by vol. showed only slight improvement to no treatment. No improvement was obtained by incorporating 20 %.

5. — Manuring gave satisfactory results. 10 T/Ha were about equivalent to a complete fertilizer. Heavier manuring gave no further improvement; 10 T/Ha are thus, possibly, already excessive.

6. — Complete fertilizer, gave, as predictable, the best results, but the absence of Nitrogen, Potassium and Phosphorus (13, 14, 15) gave a noticeable drap in the growth rate, especially when Potassium and Phosphorus were omitted.

7. — On comparing the results obtained by the complete fertilizer and ditto plus manure (16) we are inclined to think that the improvement resulting by the addition of manure is not so much the consequence of the increase in plants nutrients as of the modifications in the microbial flora and by its effects on the mobilization of the plant nutrients. No reasonable explanation can be given of the results of test (17) (Complete fertilizer minus nitrates plus manure). The results obtained with 10 T/Ha of manure are not, in fact, lower.

(c) TENTATIVE CONCLUSIONS AND SUGGESTED TREATMENTS.

With reference to the type of Machongo studied and under the proviso of being revised when results from field experimentation are on hand, the following treatments are suggested.

In the present conditions applications of complete fertilizers are out of question. Manures, lime and plant ashes, can be obtained though not always too readily. Manuring appears, from the pot experiments to be the treatment with the most practicable and profitable results. Plant ashes seem to give better results than liming; they should be applied wherever practicable.

In consideration of the above remarks it appears that the following treatments are suggestable :

1. — Manuring up to 10 T/Ha.
2. — Liming up to 4 T/Ha (powdered calcium carbonate).
3. — Plant ashes at the rate of 3.5 T/Ha

As regards manure the best way to obtain it would be to use Machongo soil as litter.

Incorporation of sand is not recommended; though it may aerate the soil, it brings no enrichment in active mineral elements.

This is perhaps a good example of obtaining some profit with minimum labour, a policy very much in the habit of the native, but in the long run it only ruins the land whereas by sound treatments better crops can obtained over a longer number of years

BIBLIOGRAPHY.

1. WILSON, B. D and STAKER, E. U. — *The Chemical Composition of the Muck Soils of New York.* Bulletin 537, 1932 *Cornell University Agricultural* Experiment Station, Ithaca, New York

2. WAKSMAN, SELMAN, A — *Humus, Origin, Chemical composition and importance in Nature* 2nd edition 1938 The William's and Wilkin's Co Baltimore.

3. VAGELER, P. — *An Introduction to Tropical Soils.* 1933, Macmillan and Co., Ltd. London.

4. L. BARRADAS. — *As possibilidades agricolas dos terrenos de « machongo ».* Bulletin nº 46 of the Sociedade de Estudos da Colónia de Mozambique.

5. *The Data of Geochemistry.* — Bulletin 770, 5th edition. U. S. D of Geological Survey, Washington, 1924.

6 FEUSTEL, I. C. — *The acidic properties of peat and muck.* Bulletin nº 690, 1939. U. S. Department of Agriculture, Washington D. C

7. MELLOR, J. W. and THOMPSON, H. V. — *A Treatise on Quantitative Inorganic Analysis,* Ed. Griffin and Co. London

8. *Official and Tentative Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists,* 6th Edition, 1945, Washington 4 D. C.

9. MAZZA, Dr. F. A. — *Tratado de Quimica Analitica Cuantitativa aplicada a la Quimica Agricola.* Ed. Labor, Buenos Aires.

Note sur l'étude par le Service Géologique du Congo belge de quelques phénomènes d'altération au Bas-Congo

par

F. CORIN, A. EGOROFF, J. HUGE et G. WAEGEMANS.

I — PHENOMENES D'ALTERATION DES CALCAIRES ET DOLOMIES.

a) Une observation cruciale a été faite par nous dans les carrières de Lukala ; c'est celle d'un massif calcaire isolé au milieu de roches schistoïdes rougeâtres et jaunâtres qui le continuaient de manière parfaite.

Ce massif, haut de 9 m. 50 environ et large d'autant, était entièrement circonscrit par des diaclases. Le banc inférieur était décalcifié sur toute l'étendue visible, mais les autres étaient encore nettement calcaires, encore que diversement altérés. On y distinguait deux lits de cherts verts très caractéristiques par leur forme et leur couleur. Ce calcaire reposait sur la masse exploitée; il était enveloppé de tous côtés par des roches schistoïdes qui, identifiables banc par banc et contenant les lits de cherts bien caractéristiques, pouvaient être considérées comme la suite même du calcaire. Sur l'ensemble reposait une masse rougeâtre et jaunâtre de 15 à 20 mètres d'épaisseur, parfois schistoïde, traversée de trains serrés de lits de cherts, puis, au sommet, de couches à cherts dejetés et, enfin, de limons à cailloux.

Il ne fait pas de doute que les roches rouges et jaunes qui prolongaient le massif calcaire en fussent l'équivalent décalcifié et transformé en roche schisteuse. Par analogie, la masse surincombante peut être considérée comme le produit d'altération de calcaires dont certains bancs, entrelardés de lits de cherts, n'ont laissé subsister intacts que ces derniers.

Nous disons « produit » et non « résidu » d'altération, car le calcaire, bien que sableux, contient une forte proportion de carbonate de chaux dont la partie constatée par analyse n'est qu'un mini-

mum, puisque le témoin est déjà visiblement altéré. Or, les roches rouges qui le continuent ne montrent guère de tassement.

S'il y a donc eu départ de calcaire, il y a eu substitution de matière argileuse par un phénomène analogue à la latérisation.

Ajoutons que, si le témoin conservé est limité par des diaclases, l'altération n'est pas strictement limitée à ces dernières, qu'elle enjambe irrégulièrement.

A Kimpese, derrière une carrière exploitée pour schiste par les Cimenteries de Lukala, on voit de même des dolomies passer à des roches schisteuses rouges et il se peut que la roche exploitée ne soit elle-même qu'un produit d'altération.

D'autres constatations nous ont semblé se relier au même ensemble de phénomènes. C'est ainsi que des lits continus de cherts nous sont apparus dans des argiles panachées, latérites en formation, à l'Est de Thysville, ou dans les masses argileuses rouges de cirques d'érosion.

Tant au Nord de Thysville, sur le plateau des Cataractes, qu'en prolongement Sud-Est de la crête de Thysville, nous avons observé, dans la partie cartographiée schisto-gréseux, que certaines roches schistoïdes ou argileuses étaient, tantôt, lardées de lits continus de cherts, d'autres fois, formées de roches finement zonaires, parfois aussi, de masses dont la structure intime est conglomératique, et qui apparaissent comme le produit de la transformation totale en argile de la brèche du Bangu ou d'un niveau lithologiquement semblable.

L'ensemble est un niveau calcaire entièrement épigénisé.

b) Des phénomènes d'un autre ordre nous sont apparus. Ils eurent leur origine dans la découverte faite sur la crête de Thysville d'une roche gréseuse ponctuée de rouge et piquetée de petites cavités. A l'étude pétrographique, cette roche se montra formée de grains de quartz, les uns plus gros, d'autres plus fins, ceux-ci plus souvent agglomérés en nids correspondant aux taches et piquetures. On verra par la suite qu'il s'agit du résidu de la silicification de microbrèches ou de calcaires pseudo-oolithiques.

Sur le plateau des Cataractes, en région réputée schisto-gréseuse, l'un de nous a découvert un banc cartographié comme grès rouge qui, à l'examen plus minutieux, s'est montré de structure oolithique. Ici, il s'agit d'un calcaire oolithique bien développé mais, au cours d'une silicification compliquée de latéritisation, devenu analogue à un grès rougeâtre.

c) Des études variées ont été faites sur les niveaux oolithiques du sommet du schisto-calcaire.

On connaît depuis Cornet l'oolithe silicifiée de Kisantu et on sait que celle-ci trouve sa contrepartie sur tout le pourtour du bassin calcaire des plaines du Kwilu et de l'Inkisi.

On connaît également son double aspect, tantôt celluleux, des creux ou des remplissages terreux rouges marquant l'emplacement d'oolithes assez volumineuses, tantôt compact à oolithes plus menues.

La silicification n'est pas générale et on en trouve des témoins intégralement calcaires. Mais parmi les éléments silicifiés, on observe ce qui suit :

Au point de vue de la structure, des lits d'oolithes volumineuses voisinent avec des lits d'oolithes plus menues. D'autres fois, entre les oolithes ou, encore, par lits homogènes, s'intercalent de petits granules sans structure concentrique qui constituent des microbrèches ou des micropoudingues.

La silicification des niveaux oolithiques se fait d'abord par le ciment. On sait que Cayeux a mis en évidence l'évolution en premier lieu du ciment.

Le point de départ est une calcédoine et celle-ci se retrouve encore, soit en noyaux de structures étoilées, soit en frange autour des oolithes ou des granules. Mais, en général, la cristallisation s'est élargie et, dans le ciment tout au moins, on observe de manière très générale qu'elle résulte en une mosaïque très large de quartz.

Oolithes et granules sont d'aspects divers. Il en est d'intégralement calcaires; d'autres, toujours calcaires, sont bordés d'une pellicule argileuse ou ferrugineuse, début de latérisation; d'autres s'écaillent en couches séparées par un film de même nature qui, en outre, pénètre des craquelures reliant les films entre eux.

La silicification ronge les oolithes calcaires, souvent de manière capricieuse; elle peut en épigéniser la totalité. La structure silicifiée y est souvent, mais non toujours, plus fine que celle du ciment.

D'autres fois, l'oolithe est remplacée par une matière écailleuse, probablement kaolinique. Nous signalons particulièrement une roche argileuse blanche à structure oolithique. Mais nous attirons l'attention sur ce que cette masse kaolineuse devient rougeâtre quand on l'humidifie et contient donc de l'oxyde de fer.

Des granules de matière phylliteuse, peut-être kaolinique, à structure rayonnante, les parsèment parfois ou poudrent le ciment.

Un cas très particulier nous a montré une oolithe partiellement silicifiée où la masse aux oolithes calcaires intactes se trouvait tranchée par une silicification homogène dont la limite recoupait indifféremment oolithes et ciment. Certaines oolithes se trouvaient donc silicifiées en partie, la région intacte et la région transformée étant délimitées par un plan.

Il est clair que le phénomène de silicification est complexe et multiple.

D'autre part, l'évolution, au moins du ciment, en une mosaïque très large de quartz explique comment, après désagrégation et rubé-

faction, de telles roches peuvent être prises pour des grès rouges. On se reportera, en particulier, aux exemples signalés plus haut sous *b)*.

Il faut, enfin, signaler la présence dans un calcaire silicifié de fines aiguilles idiomorphes de quartz. Il en est qui se groupent en étoile autour d'un centre microcristallin dénotant leur formation à partir d'un noyau de calédoine.

Nous rapprochons de ces dernières la constatation de la présence dans le limon ou dans les argiles résiduelles de grands cristaux de quartz et, parfois, de géodes de quartz et de calcédoine dont l'origine secondaire est manifeste et qui sont associées aux latérites.

2. — PHENOMENE D'ALTERATION DES GRES.

L'altération est ici monotone mais on constate le passage des grès rouges feldspathiques à des sables roses feldspathiques puis, sous la forêt ou sous la savane, à des sables gris ou blancs.

En l'absence de toute coupure, il y a présomption que ces derniers résultent de l'altération et de la décoloration sur place des premiers. De tels sables pourraient se confondre avec des dépôts si l'observation du substrat n'était pas possible.

Ces constatations ont une importance géologique. Il est clair que la stratigraphie faite d'après l'aspect lithologique doit être soigneusement contrôlée et que les limites cartographiées doivent être revisées en quelques points.

Du point de vue de l'érosion, la transformation des calcaires en argiles prêtes à fluer, ou en sables dont la matière argileuse peut être délavée et accumulée à la base, est à considérer. En période de pluies, cette base fluante est à l'origine de glissements en masse et certains cirques d'érosion lui doivent leur activité.

Enfin, la carte géologique ne suffit pas toujours à caractériser la nature du sol, par exemple, là où les roches du système schisto-calcaire qu'on s'attend à trouver riches en calcaire sont remplacées par des grès, par des sables ou par des argiles très pauvres.

La Pédogénèse et les Types de Sols à Madagascar

par

Raymond CHAMINADE,
Ingénieur agronome, Docteur ès Sciences, Chef de Travaux
au Centre de Recherches Agronomiques de Versailles.

Avec la collaboration de

G. CLAISSE, P. MOUREAUX, J. RIQUIER, P. SEGALEN,
Pédologues de l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale.

L'historique de l'étude des sols à Madagascar a été brièvement tracé par P. SEGALEN dans son mémoire sur l'érosion des sols à Madagascar, présenté à ce Congrès.

Avant la création du Service de Pédologie de l'Office de la Recherche Scientifique Coloniale, de nombreux auteurs avaient publié des travaux sur les sols de l'Ile, notamment MUTZ et ROUSSEAU, ERHART, BESAIRIE.

En 1946, une première mission pédologique a été envoyée à Madagascar, sous la conduite de M. Hénin. Par la suite, au cours de deux missions, nous avons nous-même contribué au travail de prospection dans le but d'établir la carte pédologique.

Dans cette note, nous analyserons les conclusions des premiers travaux réalisés; ceux-ci avaient pour objet essentiel de reconnaître et de classer les principaux types de sols rencontrés dans l'Ile et d'en étudier le mode de formation et les propriétés.

* *

LES FACTEURS DE LA GENESE DES SOLS A MADAGASCAR

Le Climat

Située entre 12 et 26° de latitude Sud, l'île de Madagascar présente les caractéristiques générales du climat tropical avec d'importantes modifications locales dues au relief.

La température maxima est de 25 à 30° sur les côtes et les régions basses, et de 18 à 20° sur les hauts plateaux.

Quant à la température minima, elle atteint 23 à 25° sur les côtes et 11 à 15° sur les plateaux. Dans les régions les plus élevées, la température minima peut s'abaisser au-dessous de 0°.

Les chutes de pluie sont également caractérisées par de grands contrastes. Les hauteurs moyennes varient de 350 à 3.750 mm.; le

nombre de jours de pluie de 30 à 250. Le versant Est est très arrosé. Par contre, la région Sud, Sud-Ouest, est très sèche. Sur les versants et côtes de l'Ouest, les plateaux du Centre et du Sud, la distinction entre saison sèche et saison humide est très tranchée. Sur le versant et la côte Est, il n'y a pas à proprement parler, de saison sèche, bien que, vers le mois d'octobre, on constate une diminution relative des chutes de pluie.

L'influence du relief sur la pluviosité est considérable; dans la région de Fort-Dauphin, par exemple, les chutes de pluie sont de l'ordre de 1.500 mm., en raison des hauteurs avoisinantes. Lorsqu'on s'éloigne vers l'Ouest de cette localité, on constate une diminution très rapide des chutes de pluie; à Behara, à 80 km. de Fort-Dauphin, elles ne dépassent pas 400 mm.

Cette variation rapide des condition climatiques est un facteur extrêmement favorable aux observations pédologiques; on peut, en effet, très facilement constater la modification rapide, d'un point à un autre, du sens de l'évolution des roches-mères.

La région Sud-Ouest, limitée très approximativement par une ligne Tuléar-Fort-Dauphin, est la plus sèche de l'île. Les chutes annuelles de pluie s'abaissent à 350 mm. avec une très mauvaise répartition dans le cours de l'année, la presque totalité des pluies tombant pendant le mois de janvier, février et mars.

Les Roches-mères

Très schématiquement, Madagascar est constituée par un socle cristallin de roches éruptives ou métamorphiques redressé et formant la région très improprement appelée hauts-plateaux. Dans cette région, la configuration du terrain est loin d'être plane. Des phénomènes orogéniques datant du tertiaire ont, en effet, remanié ce socle redressé et lui ont donné cet aspect mouvementé qu'il possède actuellement.

Ce socle cristallin s'abaisse vers la mer en pente douce du côté de la côte Ouest, et en pente rapide du côté Est. Il s'est ainsi trouvé recouvert, vers l'Ouest, d'une bande de terrains sédimentaires constitués de grès, de sables et de calcaires, dont la largeur varie du quart à la moitié de la largeur de l'île. Cette bande est, par contre, très étroite sur la côte Est et formée principalement de sables.

Topographie

Le modelé topographique de Madagascar est, dans l'ensemble, très tourmenté, donnant lieu à des phénomènes d'érosion intense. Pour cette raison, en bien des régions, on rencontre des profils tronqués ou des sols squelettiques.

Végétation

La forêt primaire a presque partout été détruite par le feu. Il n'en reste qu'une bande sur la côte Est et des îlots en quelques points de l'île. Après disparition de la forêt primaire, apparaît une forêt

secondaire ou « Savoka », elle-même remplacée par une végétation de graminées.

Celle-ci, également détruite par le feu, laisse le sol dénudé, stérilisé, pratiquement impropre à toute végétation.

La couverture végétale influe très largement sur l'évolution du sol. Sous forêt, un équilibre s'établit entre sol et végétation. La présence d'humus dans les horizons supérieurs du sol ralentit considérablement le processus de latéritisation. D'autre part, les arbres, en raison de leur enracinement profond, exportent des couches inférieures du sol des éléments minéraux qui se trouvent ramenés à la surface. La déminéralisation du sol se trouve ainsi fortement ralentie.

Enfin, la végétation agit en limitant considérablement les effets de l'érosion.

* * *

LES TYPES DE SOLS DE MADAGASCAR

Classification générale

Les conditions climatiques extrêmes régnant à Madagascar ont profondément agi sur les roches et donné naissance à des sols zonaux. Parmi ces derniers, le sens général de l'évolution est la latéritisation pour la région humide et la formation de sols à croûte dans la région sèche du Sud.

Les prospections réalisées dans le Sud ont permis de fixer l'importance des précipitations atmosphériques nécessaires au processus de latéritisation. La limite des latérites correspond sensiblement, dans cete région, à l'isohyète de 1 mètre. Dans la zone humide, sur roche-mère non-alumineuse, et sous couverture forestière, on rencontre des podzols.

Des sols « azonaux » dans lesquels se retrouvent de façon marquée les caractères de la roche-mère, se rencontrent dans les cas suivants :

1) Sols jeunes pour lesquels les processus d'évolution n'ont pas encore eu le temps de modifier profondément la roche; c'est le cas des sols volcaniques et des sols d'alluvions récents;
2) Sols squelettiques pour lesquels, par suite de phénomènes d'érosion, le profil ne peut se développer;
3) Sols des hautes altitudes où, en raison de la température, basse, la latéritisation n'a pu se produire.

Enfin, l'importante catégorie des « sols de rizières » peut être classée parmi les sols « intrazonaux » pour lesquels les processus d'évolution sont liés aux conditions locales, en la circonstance la submersion de ces sols pendant une grande partie de l'année.

Principaux types de sols

A. — Sols zonaux.

1. Sols latéritiques : On rencontre à Madagascar tous les types de sols latéritiques, depuis la latérite à cuirasse, complète-

ment évoluée, jusqu'aux argiles latéritiques ne renfermant que de faibles quantités d'alumine libre.

Entre ces différents types de sols, on constate un passage continu d'un type à un autre et il est difficile de fixer les limites d'une classification. H. BESAIRIE (1) distingue 4 catégories de sols latéritiques : les latérites vraies renfermant plus de 90 % d'éléments latéritiques (oxydes de fer et d'alumine libres), les latérites argileuses en renfermant de 50 à 90 %, les argiles latéritiques de 25 à 50 %, et les argiles rouges de 0 à 25 %.

Le processus de latéritisation à Madagascar est probablement très ancien. Dans la région d'Antsirabe, au Sud de Tananarive, nous avons pu observer des sols latéritiques bien évolués, recouverts de cendres volcaniques. Le volcanisme de cette région se situant à la fin du tertiaire, il est permis de supposer qu'à cette époque, la latéritisation était déjà très marquée.

Les latérites à cuirasse sont relativement rares; on les rencontre dans les plaines ou les pénéplaines (Horombe, Tampoketsa). Par contre, il est très fréquent d'observer des débris de cuirasse brisée et remaniée.

Ces observations permettent de formuler l'hypothèse de la présence générale à Madagascar, à une époque ancienne (fin du tertiaire) des latérites à cuirasse. Par suite de phénomènes orogéniques, ces cuirasses auraient été démantelées et ne subsisteraient, en place, que dans quelques régions ayant échappé aux remaniements.

2. Sols à croute : Ces sols se rencontrent dans la région sèche, particulièrement en Androy. Ils sont caractérisés, au point de vue de leur mode de formation, par une remontée vers la surface de calcaire ou d'oxyde de fer.

Voici le profil d'un sol à croûte observé dans la région d'Ambovombe :

Roche-mère : gneiss à calcite.

Au-dessus de la roche-mère, se rencontre une zone constituée par des débris de celle-ci ayant surtout subi une altération physique et une rubéfaction; fréquemment, la roche-mère est recouverte d'une formation sableuse de couleur rouge intense, constituée uniquement d'éléments fins et d'origine vraisemblablement éolienne; la migration des éléments a lieu à l'intérieur de cette couche sableuse sans que celle-ci puisse être considérée comme roche-mère.

La croûte débute à la partie inférieure par une formation relativement tendre se durcissant de plus en plus vers la surface. Elle est utilisée, dans la région, comme matériau de construction.

Les phénomènes de migration du calcaire et des oxydes métalliques apparaissent indépendants l'un de l'autre; il est fréquent de constater, dans une même croûte, côte à côte, des éléments ferrugineux et calcaires.

---

(1) H. BESAIRIE. « Essai d'une carte des sols de Madagascar ». Notice explicative.

La migration, *per ascensum,* des éléments constituant la croûte se produit avec une grande intensité. Sur la route de Tsimombe à Faux-Cap, en Androy, nous avons pu constater dans une carrière, sur une surface de sol mise à nu, l'apparition, en six mois, d'un revêtement de carbonate de calcium.

3. Sols podzoliques : Rares à Madagascar, ils se rencontrent sur la côte Est dans la bande étroite sableuse recouverte de végétation forestière.

Deux conditions concourent à la formation de ces types de sols: roche-mère perméable, ne pouvant, par suite de l'absence d'alumine et de silice combinées, évoluer dans le sens latéritique, et présence d'humus dû à la couverture forestière.

Voici, d'après J. RIQUIER, la description d'un profil podzolique, près d'Ambila :

En surface, un horizon organique Ao et humique A_1. Au-dessous, un horizon épais A_2, très lessivé, constitué par un sable décoloré; puis, un horizon d'accumulation formé par un sable concrétionné par de l'humus et de l'oxyde de fer. En dessous, la roche-mère, constituée par un sable jaune. Le phénomène de lessivage est intense. Les horizons A et B ont chacun une épaisseur de l'ordre de 2 mètres.

B. — **Sols azonaux.**

1. Sols volcaniques : Ces sols se rencontrent dans les régions de l'île où ont eu lieu des phénomènes volcaniques relativement récents (Ankaizina, Lac Itasy, Antsirabe). Les plus anciens présentent un début de latéritisation avec rubéfaction marquée.

Dans les plus récents, le profil ne présente aucun horizon différencié. Ce sont des sols de couleur noire, par suite de la présence, non de matière organique, mais d'oxydes métalliques; on les a, en raison de leur couleur noire, qualifiés improprement « Tchernozem ». Ils sont riches en éléments minéraux et très fertiles.

2. Alluvions : Les alluvions fluviatiles présentent des aspects très divers suivant la nature des terrains traversés par le fleuve qui a provoqué l'alluvionnement. Elles ont, en général, de bonnes propriétés physiques, et sont profondes et riches.

Un cas particulier des sols d'alluvions est constitué par les « latérites alluvionnaires » provenant de sols déjà latéritisés, puis repris par les eaux et déposés. LACROIX qualifie ces formations de « latéritites ». Elles sont, en général, de couleur jaune rougeâtre, sans différenciation d'horizons dans leur profil. Ces types de sols sont fréquents à Madagascar, soit dans les alluvions fluviatiles, soit dans les alluvions lacustres. Les sols qualifiés « Baiboho », dans la région du lac Alaotra, sont des latéritites.

L'alluvionnement des latérites améliore considérablement leurs propriétés; sur des sols généralement profonds et meubles, leur richesse

chimique reste faible mais, convenablement améliorées par des fumures organiques et minérales, elles constituent de bons sols de culture.

Les **sables roux** qui occupent d'importantes surfaces dans le Sud et l'Ouest de l'île, peuvent être généralement classés parmi les sols azonaux. Ils sont constitués par des particules de silice de 1 à 2 mm. de diamètre, fortement colorées par des oxydes de fer; leur profil est uniforme; leur épaisseur, variable suivant les régions, peut atteindre plusieurs mètres.

L'hypothèse la plus vraisemblable, quant à leur formation, est celle d'un transport éolien. Dans la région d'Ambovombe, où ces sols sont bien représentés, il est très fréquent de constater leur déplacement sous l'influence du vent; d'autre part, l'absence de stratification dans le profil et la présence exclusive, dans ces sables, d'éléments fins sont des arguments en faveur de cette hypothèse.

Enfin, notons que, dans la région sédimentaire de la côte Ouest, à climat tropical marqué avec longue saison sèche, beaucoup de sols sont azonaux; leurs caractères sont sous la dépendance de la nature de la roche-mère : grès, sables ou calcaires jurassiques.

Les « sols de rizières » que nous classons dans la catégorie des sols intrazonaux, ont un profil constitué de la façon suivante : un horizon A, de 30 à 40 cm. d'épaisseur, très fortement coloré en noir par la matière organique; cet horizon repose directement sans zone de transition, sur une argile blanche.

Livrés à la culture sèche, ces sols peuvent, pendant quelques années, présenter un haut degré de fertilité en raison de l'humus accumulé dans leurs horizons superficiels, mais leurs réserves restent faibles et leur fertilité ne peut être maintenue qu'à la condition d'éviter, par l'apport de matières organiques, l'épuisement de leur stock d'humus.

En résumé, nous proposons, pour les sols de Madagascar, la classification schématique suivante :

1) Sols zonaux :
   - Sols latéritiques
   - Sols podzoliques
   - Sols à croûte

2) Sols azonaux :
   - Sols volcaniques
   - Sols d'alluvions
   - Sable roux
   - Sols sédimentaires de l'Ouest

3) Sols intrazonaux :
   - Sols de rizières

Bien entendu, il ne s'agit là que d'une classification provisoire proposée en vue de l'établissement de la carte des sols. Des prospections plus détaillées permettront, dans l'avenir, de la compléter.

Pédogénèse des formations du système du Mayumbe

par

Reginald A. ROSSEELS,
Gradué en Sciences Agronomiques Coloniales Lv,
Ancien Assistant à la Station de Pédologie
de l'Université Catholique de Louvain,
Chargé des prospections agricoles
à la Société de Colonisation Agricole au Mayumbe
(S. C. A. M.)

INTRODUCTION

Ces quelques notes sur la Pédogénèse des formations dérivant du système du Mayumbe, sont principalement basées sur les données du rapport de la Mission Géologique de L. CAHEN au Bas-Congo; et pour les données pédologiques, sur l'ouvrage du Professeur BAEYENS : « Les Sols de l'Afrique Centrale ». Tome I : le Bas-Congo.

A la fin figure une liste bibliographique des autres ouvrages consultés.

Nous sommes particulièrement reconnaissant à M. HACQUART, Directeur Général de la S. C. A. M. et Conseiller Technique à la FORMINIÈRE de nous avoir donné l'occasion de procéder à cette étude et d'avoir bien voulu nous prodiguer ses conseils.

PRELIMINAIRES

Situation géographique.

Il s'agira ici principalement de formations localisées au Mayumbe : partie Nord-Ouest du District du Bas-Congo comprenant la région en grande partie boisée, située entre l'enclave de Cabinda et le Territoire des Manianga. Ce dernier est composé de grandes savanes s'étendant à l'Est et au Sud-Est jusqu'au-delà du Fleuve.

Au Sud, la limite politique du Mayumbe passe à hauteur de Lukula (Km. 80); tandis qu'au Nord, le Fleuve Shiloango délimite la frontière avec Cabinda et l'A.E.F.

Au point de vue géologique. On y rencontre de l'Ouest vers l'Est : des formations côtières récentes; des formations côtières d'âge crétacique; ensuite des formations cristallophylliennes (Système du

Mayumbe) et les formations plus ou moins métamorphisées du système du Haut-Shiloango.

Plus à l'Est, dans le Territoire des Manianga et au-delà, se rencontrent des formations du système du Bas-Congo (voir DELHAYE et SLUYS).

Plus précisément, nous passerons en revue les formations pédologiques dérivant du système du Mayumbe.

Ce système cristallophyllien d'âge Précambrien, est surmonté en discordance par le système du Haut-Shiloango qu'à son tour surmontent en discordance les séries schisto-calcaire et schisto-gréseuse du système du Bas-Congo, à paralléliser avec la partie supérieure du système du Kundelungu.

Tectonique et orographie

Un examen des cartes géologiques et orographiques fera ressortir la similitude existant d'une part, entre l'allure géologique et le relief plus tourmenté de la partie Ouest du Mayumbe et, d'autre part, entre l'allure géologique et le relief de direction conforme Nord-Ouest de la partie Nord du Mayumbe.

Les vallées y sont localisées aux roches tendres et coïncident avec les axes synclinaux; c'est un cas de relief normal.

Dans les grandes lignes, l'altitude augmente régulièrement depuis la côte pour atteindre 6 à 700 mètres dans les chaînes de montagnes situées au Nord et au Nord-Est.

Hydrographie.

Région nettement exoréique, à réseau hydrographique jeune, caractérisé par des vallées étroites comportant de nombreuses chutes et rapides sur une portion importante de leur cours

DONNEES CLIMATIQUES

Mentionnons spécialement pour son influence sur les précipitations météoriques, l'effet desséchant du courant froid du Benguela, surtout dans le district côtier.

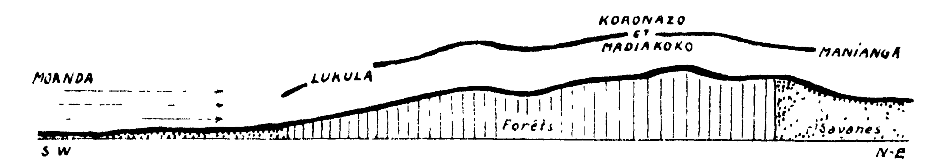
Le Bas-Congo est caractérisé par des pluies de relief, comme d'ailleurs les régions du plateau de la Lunda et la région des Grands Lacs.

On pourrait dans les grandes lignes, énumérer pour le Mayumbe, les facteurs climatiques suivants :

— un courant aérien dominant de Sud-Ouest à Ouest vers Nord-Est à Est;
— une zone côtière de faible altitude et de savanes;
— une zone « au vent » et forestière s'élevant progressivement jusqu'aux chaînes du Koromazo, à laquelle succède
— une zone « sous le vent », caractérisée par les savanes des Manianga se prolongeant au-delà du Fleuve vers Thysville.

Une restriction s'impose peut-être : la zone sous le vent est également élevée, mais la majorité des précipitations ont déjà eu lieu dans la zone précédente; les courants chargés de vapeur d'eau devant s'élever notablement dans la zone des hauts reliefs du Nord-Est du Mayumbe, provoquant ainsi leur condensation.

Ces précipitations sont nettement identifiables sur les pentes et au niveau de cette grande série de reliefs et y caractérisent un climat d'altitude beaucoup plus humide.



PLUVIOSITE

Voici quelques moyennes annuelles établies pour diverses localités du Mayumbe :

Luki : 1138,9 — Lukula : 1150,4; — Tshela : 1194,3; — Ganda Sundi : 1354,0; — Kangu : 1250,4; — Pandji · 1339,0; — Zobe : 1374,3 (In. Bull. Agricole du Congo Belge, n° 4 — 1941).

Mais la répartition de ces pluies peut varier beaucoup dans le temps; citons quelques chiffres pour Tshela :

ANNEES :	1934	1940	1942	1943	1944	1945	1946
m/m :	1047.0	1010.9	981.0	879.0	1509.0	1752.1	1439.9

soit une moyenne de 1231 2, de 1934 à 1946.

Toujours pour Tshela, voici des *moyennes mensuelles* établies sur 10 années, *de 1931 à 1946* (6 années incomplètes) .

Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
170.4	136.1	208.0	215.6	97.8	1 6	7.5	61.6	150.0	169.0

soit une *moyenne annuelle de 1217.6.*

D'autres moyennes *quant à la fréquence* indiquent 69 jours de pluies, avec une moyenne de 18,64 m/m par jour pour l'année.

TEMPERATURE.

Nous ne possédons que des résultats fort incomplets et, pour Tshela seulement; en 1934, la moyenne résultant de moyennes mensuelles Maxima-Minima donne 26,25°. Pour 1941, elle est de 22,77°, et pour 1942 de 23,82, soit pour ces 3 années : 24° en moyenne.

FACTEUR DE LANG.

Caractérisé par le rapport Pluie/Température moyenne annuelle. Au Mayumbe, il atteint les valeurs suivantes :

Tshela : Sur la moyenne de 7 années de pluies, de 1936 à 1946, et en admettant une T° moy. de 24°, on obtient un *F.L.* de *51*.

Pour les années 1934 et 1942 dont on possède simultanément les précipitations et la température, donnent un *F.L.* de *40* seulement, mais il faut noter qu'il s'agit justement de deux années à très faibles précipitations.

Ganda Sundi : Pluies moyennes de 1375 m/m. En admettant la même moyenne de température, le F.L. est de 57.

Ce chiffre pourrait même être dépassé dans la région des hauts reliefs du Nord du Mayumbe.

Dans *l'échelle de Lang*, les chiffres ci-dessus correspondent à la zone des sols rouges et des latérites (de 40 à 60 F.L.).

INDICE D'ARIDITE DE DE MARTONNE.

Il est déduit des mêmes données que le F.L. et atteint les valeurs suivantes :

Tshela : Moyenne sur 7 années : Indice de DE MARTONNE = à 36,2; pour les années 1934 et 1942 l'Indice est de 29,5.

Ganda Sundi : L'Indice de DE MARTONNE est de 40,4.

Tshela : *1934* : pluies 1064,6 m/m; température de 26,25°.

Mois :	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Indices :	55	18	61	74	54	3	6	0	1.8	10	14	53

On remarquera en se basant sur ces indices climatiques, que le Mayumbe (chiffres en moyenne supérieurs à ceux de Tshela) se situe dans la classification de DE MARTONNE :

— entre la *forêt équatoriale* (Pluviisilvae), caractérisée par un indice annuel supérieur à 40 et des indices mensuels — dont o excédent 40 — supérieurs à 20, et

— la *savane boisée* (Hemiisilvae) dès apparition d'un seul mois à indice inférieur à 20.

D'autres expressions écologiques correspondant au Mayumbe seraient :

— forêts tropophiles;

— « deciduous forest ».

Ces données confirment ce que l'on peut observer sur la carte des formations végétales au Mayumbe.

CLASSIFICATION PEDO-GEOGRAPHIQUE

Nanti de ces données climatiques, géologiques et de géographie physique, nous en arrivons à délimiter pour la région Ouest du District du Bas-Congo, six principales Catenas, chacune comprenant au moins trois termes.

« La Catena est l'unité la plus moderne dans la classification » géographique des types de sols, est constituée d'une succession « to-

» pographique » de plusieurs types de sols, répartis dans une même » zone climatique et une même province pétrologique. Des zones » climatiques différentes et des provinces pétrologiques différentes » présenteront des Catenas différentes » : DE LEENHEER et WAEGEMANS. Le Sol 1945.

CATENAS

I. Mayumbe formations côtières.
II. Mayumbe à Schistes métamorphiques et Phyllites.
III. Mayumbe Gréso-quartzitique.
IV, V et VI. Idem avec Bas-Fleuve.

Remarque : Pour élargir ces notions, on pourrait utilement remplacer le mot Mayumbe par un Indice, soit celui de Lang, soit celui de de Martonne, soit un terme de la classification de Köppen.

Nous nous occuperons principalement des Caténas II et III.

On pourrait reprocher à ces Catenas leur conception plutôt géologique que pédologique; il suffirait néanmoins d'avoir présent à l'esprit : Sols issus de. . précédant les dénominations ci-dessus; par exemple :

Pour la Catena II, on aura : Mayumbe — (Sols issus des) Schistes métamorphiques;

Pour la Catena III, on aura : Mayumbe — (Sols issus des) Grès et Quartzites, etc.

Sans cette classification, on en arriverait à devoir définir de nombreuses catégories, et comme notre connaissance des divers sols du Mayumbe est loin d'être complète, les dénominations : argiles, sables micacés, sables, etc., ne seraient pas aussi précises, car, si leur composition physique est connue, des différences sensibles pourraient exister dans leur composition minéralogique; d'autre part, leur localisation serait plus compliquée actuellement. Cette simplification, voire cette altération de la conception de la Catena offre l'avantage de permettre dès à présent une classification simple et rapide qui, de toute façon, ne peut être que provisoire.

Une première conclusion dérivant de la classification Pédo-Géographique ci-dessus et des autres données qui précèdent, établit que dans le cadre du Congo Belge, le Mayumbe constitue une unité économique relativement importante, doublée d'une unité écologique nettement différenciée. Il serait donc utile de l'étudier d'une façon scientifique afin de mieux étayer les programmes d'activité, qu'il s'agisse du programme agricole ou forestier poursuivi par la Colonie ou de celui des entreprises privées.

PEDOGENESE

Dans le système du Mayumbe nous envisagerons successivement les étages de la Duizi (M4), de Tshela (M3), de Matadi (M2), de Palabala (M1) et leurs intrusions.

En les envisageant de la sorte, nous respectons l'ordre stratigraphique (M4 étage supérieur, M1 étage inférieur) et cela n'offre aucun inconvénient au point de vue pédologique.

Dans le système du Mayumbe (cristallophyllien), J. CORNET avait noté la décroissance de l'intensité du métamorphisme de l'Ouest vers l'Est. (CAHEN loc. cit.).

Les différents étages sont des étages types, fixant un certain faciès lithologique; il y a souvent passage graduel d'un étage au suivant. L'étage de Tshela, par exemple, réalise la transition entre celui de la Duizi qui le surmonte et celui de Matadi situé immédiatement en dessous; il a néanmoins été défini par la présence de séries lithologiques nettement différenciées des autres, associées aux séries lithologiques types des étages adjacents.

Ce passage graduel d'une formation géologique à une autre se reflétera à fortiori dans les sols dérivés, qui devront similairement être regardés comme des sols types, entre lesquels se situeront toute une gamme de valeurs intermédiaires.

Dans le cas qui nous occupe, la différenciation géologique du système du Mayumbe dépend de la composition des associations lithologiques en proportions définies. Il serait donc assez logique que la différenciation pédologique se superpose *lato sensu* aux grandes zones géologiques.

Nous désirons particulièrement attirer l'attention sur cette dernière remarque, qui dans le cas du Mayumbe justifierait une méthode dont le point de départ pour l'établissement de la classification des sols serait basé plus sur une différenciation lithologique que pédologique.

Ajoutons à cela qu'à l'échelle des catenas dont il sera question ici, le facteur climatique fait figure de constante, alors que le facteur lithologique est nettement une variable.

Néanmoins il serait possible et souhaitable de prendre comme point de départ la différenciation pédologique, en mentionnant les roches-mères ayant donné naissance à l'eluvium envisagé; cela serait plus conforme à un exposé pédologique; mais nécessiterait une étude approfondie accompagnée d'examens minéralogiques de fractions sableuses, et d'autres données analytiques que nous ne possédons point.

Cela n'entrerait d'ailleurs pas dans le cadre du petit travail que nous nous proposions de réaliser, auquel, faute de ces données, nous avons dû et voulu nous limiter.

L'orientation que nous avons essayé d'imprimer à ce travail a comme but de constituer un pas vers une collaboration plus étroite entre les disciplines pédologiques d'une part, et les disciplines géologiques, lithologiques et minéralogiques d'autre part.

ETUDE DES DIVERSES FORMATIONS

Dans le but de garder une vue d'ensemble du sujet, nous avons scindé l'étude des diverses formations et leur pédogénèse en deux parties. La première passe rapidement en revue leurs principales caractéristiques, les sols qui en dérivent, et leur localisation (tableau schématique). La seconde est consacrée à l'étude des détails particuliers à chaque formation.

TABLEAU SCHEMATIQUE

Système du Mayumbe (M)

ETAGE DE LA DUIZI (M4)

Cet étage géologique se situe au sommet du système du Mayumbe, dont il constitue le 4me étage (M4).

Il est surmonté en discordance par l'étage de Bembezi (gréso-quartzitique) 2me du système du Haut-Shiloango (SH2).

Caractéristiques lithologiques. On peut les résumer sous le vocable de « schistes satinés » pas ou faiblement quartzitiques.

Les sols dérivés de ces roches auront une composition physique variant d'argileux à sablo-argileux, une composition chimique relativement bonne.

Localisation. Ils constituent deux grandes bandes direction Nord-Ouest situées de part et d'autre de Tshela.

ETAGE DE TSHELA (M3)

Cet étage, souvent qualifié d'étage de transition entre celui de la Duizi (M4) et celui de Matadi (M2) possède un facies général *schisto-gréseux;* comme quasi tous les étages du système du Mayumbe, certaines de ces roches peuvent être confondues avec les roches principales des étages adjacents.

Propriétés agricoles. Ces sols sont en général chimiquement pauvres, sablo-argileux à argilo-sableux, et sous la dépendance étroite de leur bilan hydrique.

Localisation. A part un affleurement important à l'Ouest de Tshela, et bien que représentés partout, ils constituent de longues et étroites bandes de terrains en bordure des sols dérivés de l'étage de la Duizi.

ETAGE DE MATADI (M2)

A faciès quartzitique dominant, constitué de quartzites phylliteux et de grès blancs.

Les sols qui en dérivent sont à fraction sableuse dominante, analogues à ceux dérivés des couches similaires de l'étage de Tshela, et comme ce dernier sont essentiellement sous l'influence de leur bilan hydrique.

Localisation. Relativement peu représentés au Mayumbe proprement dit. L'affleurement principal se situe au Nord de Matadi.

ETAGE DE PALABALA (M1)

Premier étage du système du Mayumbe; il est principalement micaschisteux. Il repose directement sur le socle granitique archéen qu'on admet ne pas affleurer au Mayumbe.

Caractéristiques lithologiques. Micaschistes souvent très quartzifères. Au point de vue agricole, les sols dérivés sont assez variables; mais, en général, ils semblent plutôt médiocres.

Roches intrusives dans le système du Mayumbe

Granites intrusifs. — Quasi tous localisés au sud du Mayumbe et affectant principalement les roches de la Duizi.

Phyllites feldspathiques. — Ce sont en général des roches à structure porphyrique, composées comme le nom l'indique, de phyllites et de feldspaths. En général ces roches donnent de bons sols agricoles. Vers le Sud, ces mêmes roches s'épidotisent progressivement pour passer aux épidotes proprement dites de propriétés analogues.

Localisation. — Elles forment une large bande continue depuis Matadi jusqu'à Ganda Sundi (Nord-Ouest du Mayumbe) présentant un étranglement marqué dans la région à l'Est du Km. 120 du C F M

Roches basiques. — Principalement des Amphiboles donnant des sols à excellentes propriétés pédologiques; mais elles ne constituent que quelques petits effleurements au Mayumbe.

DETAILS PARTICULIERS A CHAQUE FORMATION

Dans cette partie de l'exposé, nous entrerons dans les détails de chaque formation, envisageant successivement leur composition minéralogique, lithologique, et leur pédogénèse dans le cas le plus général : éluvium développé dans les conditions écologiques normales au Mayumbe; suivi d'une appréciation au point de vue agrologique.

Il pourra sembler, à première vue, que la partie consacrée à la lithologie et à la minéralogie est trop importante comparativement à l'étude agrologique courante. Néanmoins, dans les pays neufs, et surtout lorsqu'il existe une grande différenciation géologique, l'étude lithologique conduisant à celle de l'identification de la réserve minérale ne saurait être trop poussée; nous ne faisons d'ailleurs que citer deux autorités en la matière : EDELMAN et VAN BEERS.

« The tracing and identifying of the misleading soils, is one of » the principal tasks of soil science, in those areas, where land is still » available, and must be considered as the principal contribution of » the mineralogical soil-work, on land that is still te be cleared. »

Avant d'entamer les détails propres à chaque formation, soulignons la richesse générale en fer des roches des systèmes cristallin et métamorphique du Mayumbe, comme d'ailleurs des roches similaires de l'Afrique centrale.

Etage de la Duizi

Composé principalement de schistes satinés métamorphiques, dont les principaux minéraux de recristallisation sont des phyllites, tels les talcs, séricites et chlorites.

On pourrait théoriquement diviser l'étage en quatre facies, si pas assises; on aurait de bas en haut : Quartzites schistoïdes, Chloritoschistes, talcs et séricitoschites.

En général, les Chloritoschistes sont plus quartzitiques, alors que les assises supérieures, surtout au Nord-Est, ne sont que peu ou pas quartzitiques. Mentionnons également des amphibolitoschistes; des schistes composites à Chlorite et Epidote, à Chlorite et Séricite. Cet ordre de succession constitue d'ailleurs une suite métamorphique normale, puisque la transformation des couches sédimentaires par métamorphisme régional donne le même ordre de succession.

Ces schistes satinés peuvent être exempts de quartz, ou varier de faiblement à fort quartzifères.

Minéralogie et lithologie. Mis à part les schistes, les principaux minéraux de ces formations sont le talc, la séricite, la chlorite, les amphiboles et le quartz.

Parmi les silicates acides, citons le Talc et la Chlorite qui sont magnésiens et ferromagnésiens; la séricite est une muscovite hydratée, elle ne contient pas de fer; mais par contre elle possède une teneur d'environ *10 % en Potasse*.

En général, et en admettant une même composition chimique pour les schistes, les séricitoschistes seraient plus intéressants que les talcoschistes au point de vue éléments biogènes, leur altérabilité ne devant pas différer beaucoup. Les Chloritoschistes pourraient être plus altérables, surtout s'il s'agit de Ripidolite; mais ils sont souvent situés dans une région métamorphiquement plus évoluée, et quartzifère.

Parmi les métasilicates, notons les Amphiboles donnant des Amphibolitoschistes, supérieurs aux précédents au point de vue chimique : métasilicates de Fer, Mg, *Ca*, Mn. Les schistes composites à Epidotes sont également intéressants, car ils comportent un silicate basique; leur valeur est en raison directe de la proportion du silicate basique par rapport aux silicates acides.

Comme roches beaucoup moins importantes dans l'étage M4, citons les quartzites schistoïdes essentiellement composés de quartz et d'un ciment phylliteux, notamment la Muscovite; ils sont difficilement altérables.

Comme éléments secondaires, signalons de nombreuses veines de quartz formant un réseau assez dense à travers ces formations; elles peuvent localement jouer un rôle physique important, par formation de bancs compacts ou en allégeant des sols trop lourds.

Les sols dérivés des roches de la Duizi sont à dominance argileuse; argilo-sableuse pour les chloritoschistes. Les roches les moins

importantes quartzoschistoïdes seront génératrices de sols sableux micacés (région de Dizi).

Quant à la couleur, ils sont en conditions pédogéniques normales de teinte claire, brun clair, brun olive, orangé, passant au brun et au rouge, notamment pour les Amphibolitoschistes.

Au point de vue physique, ils ont une assez bonne structure donnant des sols grumeleux « séériciteux » et un profil moyennement profond, les plus profonds étant localisés aux sols dérivés d'Amphibolitoschistes.

Cette structure légère des sols dérivés de talc ou séricitoschistes par rapport aux sols dérivant de Phyllite feldspathique ou d'Amphibolitoschistes, par exemple, n'est pas due uniquement à une structure différente; elle pourrait partiellement s expliquer par la densité moins forte des constituants des premiers par rapport aux seconds. A conditions pédogéniques égales, l'altération allitique, des Amphibolitoschistes sera plus rapide que celle des séricitoschistes. Or, cette allitation se traduit au début par l'élimination d'une fraction à densité peu élevée, et enrichissement subséquent en une fraction à densité élevée. C'est-à-dire élimination de la Silice de densité 2,6 et concentration en $Fe^2(OH)^6$ à Ps = à 5, Fe^2O^3 à Ps = à 5; Al^2O^3 de Ps 4.

Notons aussi que le poids spécifique des silicates acides, principaux minéraux des schistes satinés varie de 2,8 à 3,2; or le processus de l'altération allitique s'effectuera beaucoup plus rapidement dans les sols issus de schistes à métasilicates et à silicates basiques que dans les sols à haute teneur en silicates acides.

Type de profil dégradé sur sol dérivant de roches de la Duizi (Silicate acide). Localisé aux sols ayant été fort cultivés :

Horizon A + 30 cm. argileux plastiques de forte cohésion, couleur jaune clair. Ce sol est « glaiseux » en saison de pluie.

B + . Couche d'allite rouge, concrétionnée, latéritique, formant un banc dur.

Il s'agit ici d'un cas typique de sol très acide; les matériaux allitiques sont enlevés de l'horizon A laissant en place l'argile kaolinique et la silice; l'allite, par contre, est précipitée en B, et à la longue, avec l'alternance des saisons sèches et humides, elle s'est déshydratée et cristallisée, formant ainsi un banc dur et compact; ce dernier ajoute son influence défavorable à celles existantes, en provoquant des perturbations dans l'économie hydrique de ces sols; ils ne pourront que se dégrader de plus en plus.

Etage de Tshela

Etage de transition entre celui de Matadi et de la Duizi.

Cela en dit déjà suffisamment quant à ces caractéristiques. Néanmoins, certains niveaux typiques ont justifié sa différenciation.

Le faciès caractéristique se retrouve notamment dans la région du Shiloango à l'ouest de Tshela. Il est défini principalement par des schistes graphiteux noir à gris, accompagnés de grès graphiteux.

Aux environs de Tshela, des grès feldspathiques et des quartzites acquièrent autant d'importance que les grès graphiteux et finissent pai être les éléments prédominants du faciès de cet étage vers le Nord-Est.

Pédogénèse.

Dans les grandes lignes, on aura trois types de sols : *Sol argileux* brun à brun foncé sur schistes graphiteux, *sols sableux* gris sale à gris noir sur grès graphiteux; sols *sableux clairs* sur grès et quartzites.

Dans ces trois types de sols, seuls les premiers donnent normalement des sols plus ou moins profonds.

La coloration foncée est due au graphite qui pratiquement ne joue aucun rôle au point de vue pédogénique, le rôle physique qu'il pourrait avoir est négligeable vu la faible teneur de graphite. Une analyse de schistes graphiteux de l'A.E.F indique une teneur de 25 % de graphite seulement. Signalons néanmoins que le graphite a une structure schisteuse, un éclat submétallique noir à gris donnant une poussière de même teinte. La décomposition des roches gréseuses et quartzitiques ne donnera en général pas de sols profonds. Ce seront principalement des sols arkosiques (sable grains d'orthoses) et des sols Psammitiques (quartz et phyllite).

Il est à présumer que les sols les plus intéressants de cet étage, en dehors des schistes graphiteux proprement dits, se situeront plutôt vers la limite avec l'étage de la Duizi; et empressons-nous d'ajouter que la signification de « sols plus intéressants » n'a ici qu'une valeur tout à fait subjective. En réalité, tous les sols de l'étage de Tshela dans leur ensemble ont de médiocres propriétés agricoles pour cultures industrielles arbustives.

Au point de vue chimique. — Carence en éléments majeurs, réaction acide.

Au point de vue physique. — Mauvaise structure et bilan hydrique généralement déficitaire; sauf, bien entendu, position très favorable de la nappe phréatique (certains cas pourraient même être assimilés aux cultures sans sol avec grande abondance de solution nutritive à faible concentration et aération idéale).

On pourra souvent mettre en relation le mauvais état physique de ces sols, de même que ceux de l'étage de Matadi, avec la fréquence assez grande de concrétions limonitiques. Pour être complet, ajoutons que les roches subordonnées identiques à celles de l'étage de la Duizi donneront évidemment des sols identiques à conditions de milieu égales.

En fin de saison sèche, un profilage effectué dans des sols sablo-argileux dérivant de l'étage de Tshela (schisto-gréseux) donne les chiffres suivants (dans la palmeraie de 7 ans sous couvert de Pueraria).

Humidité actuelle.

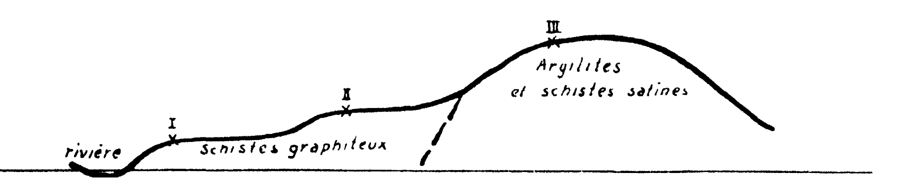
P1. situé 2 à 3 mètres au-dessus niveau rivière
à 30 cm. 12,8 %
à 100 cm. 16,9 %

P2. même sol situé quelque 3 mètres plus haut (pente moyenne)
à 30 cm. 12,5 %
à 100 cm. 13,9 %

P3, même plantation une centaine de mètres plus loin sur la même pente, et près de la crête, site dominant les précédents de 3,4 mètres, sols développés sur schistes satinés.

Humidité actuelle à 30 cm. 18,9 %
à 100 cm. 20,6 %.

Ces chiffres soulignent simplement la relation entre texture, structure et pourcentage d'eau disponible en fin de saison sèche. Cette différence est nettement significative pour le profil PIII qui occupe une situation plus élevée que les deux premiers.

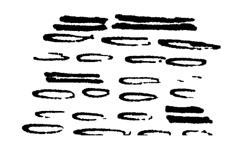


En relation avec l'étage de Tshela, il faudrait aussi mentionner des grès blancs très tendres (feldspathiques ?) donnant par décomposition un sol rose brique, argilo-sableux à sablo-argileux, assez profond et ayant des propriétés pédologiques relativement bonnes.

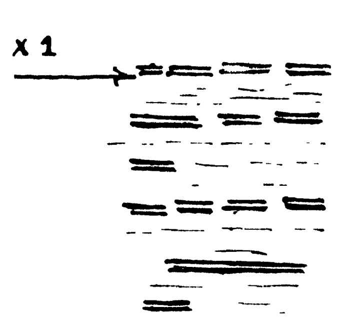
On trouve ces sols notamment au nord de Tshela, à Pandji et au Km. 122 CFM. La roche-mère est composée de grains blancs transparents à blanchâtres, de dimensions moyennes égales à 100 mu, les plus gros atteignant 400 μ.

Au microscope, en plus des grains de quartz, on note de petites plaquettes phylliteuses également d'environ 100 μ ou moins (nous avons noté des plaquettes, élément phylliteux jusqu'à 20 μ.

La roche s'altère en rouge brique. *Faciès de la roche au grossissement 25.*



Les traits doubles sont plutôt des zones colorées (altération in situ ou apport illuvial).



Eléments blancs, les traits noirs correspondent aux zones ombragées. On ne pourrait mieux les comparer qu'à du gros sel, dont les éléments seraient mélangés à des éléments similaires plus allongés (phyllite)

Etage de Matadi

Composé de quartzites séricíteux à muscovite schistoïde avec micaschistes à biotite subordonnés; au Nord du Mayumbe, les quartzites sont remplacés (similairement à l'étage de Tshela) par des grès blancs parfois feldspathiques.

Pédogénèse.

Sols à prédominance sableuse. Vers le Nord-Est du Mayumbe, des sols analogues résultent des étages M2 et M3, ces deux étages y comportent des facies lithologiques semblables.

Au point de vue *chimique* : carence minérale.

Au point de vue *physique* : Bilan hydrique généralement déficitaire.

Les micaschistes subordonnés donnent des sols analogues à ceux de l'étage de Palabala.

Un cas de profil dégradé sur sols à fraction sableuse importante dérivant de grès divers ou quartzites, notamment des étages de Matadi et Tshela, se caractérise par une assez forte compacité du sous-sol formant un horizon localisé au-dessus du niveau d'oscillation de la nappe phréatique, typique seulement lorsque cette zone est relativement près de la surface (40 à 50 cm. par exemple). Cette localisation semble mettre nettement en cause la nappe phréatique.

La compacité de cet horizon est telle qu'on ne parvient à enlever la terre à la bêche que par plaquettes d'une épaisseur de l'ordre du cm.

Des horizons analogues peuvent aussi résulter dans de mêmes sols de l'exploitation uniforme de la couche superficielle telle que le provoquerait le système radiculaire de certains couverts monophytiques; le pueraria par exemple. (Nous avons noté en fin de saison sèche sur sol sablo-argileux, que le système radiculaire de pueraria

n'exploitait que la couche humifère superficielle, c'est-à-dire quelque 5 à 10 cm.).

Ces sols à dominance sableuse sont labiles, leur structure est instable; on pourrait ajouter qu'ils sont également labiles au point de vue chimique. Nous estimons que l'expression de leurs propriétés est le mieux qualifiée par le terme « sols à faible pouvoir tampon », en sous entendant par là un sol opposant peu de résistance à une modification chimique ou physique que lui imprime son milieu.

Etage de Palabala

Micaschistes quartzitiques à biotite parfois à deux micas, plus rarement à muscovite. Amphibolitoschistes; amphiboles; quartzites micacés à grain fin subordonnés.

Pédogénèse.

Les micaschistes ne donnent pas de bons sols agricoles, sauf si d'autres éléments viennent favoriser leur altération en les enrichissant simultanément; c'est le cas de la biotite et de divers métasilicates (Pyroxènes et Amphiboles).

Les roches typiques sont rougeâtres (altérées); on en voit entre les Km. 108 et 114 CFM, le long de la route carrossable.

En général, les sols sont peu profonds, et ce d'autant plus qu'on se rapproche de la roche type de l'étage : « micaschistes quartzitiques ». Cette roche-mère est souvent grenatifère.

On y rencontre des concrétions limonitiques, pour autant que les propriétés physiques ou le bilan hydrique soient défavorables, notamment vers les sommets.

Quant aux sols dérivant d'Amphibolitoschistes de mêmes formations, ils auront de bonnes propriétés agricoles, si les autres facteurs du milieu sont favorables.

Les sols sur quartzites subordonnés seront analogues à ceux décrits dans l'étage de Matadi

ROCHES INTRUSIVES

Phyllite feldspathique et Epidotes

POLINARD définit la première : Phyllite quartzeuse et feldspathique à structure porphyroclastique.

Pédogénèse.

La valeur des sols dérivés sera principalement fonction de la vitesse d'altération de la roche-mère, c'est-à-dire d'autant plus altérable que la proportion de silice est faible par rapport aux éléments ferromagnésiens.

Les éléments ferromagnésiens accompagnant les feldspaths, surtout s'il s'agit de feldspath orthose peu altérable, seront issus principalement des Chlorites, Epidotes, etc.

Si la pâte est plus quartzitique que phylliteuse, il est évident que le sol dérivé aura de moins bonnes si pas de médiocres propriétés agricoles.

En général, les sols dérivés seront argileux à bonne structure granuleuse, de couleur rouge (allitation rouge).

La différenciation d'avec les Amphibolitoschistes de la Duizi, au point de vue de l'éluvion à part, l'analyse minéralogique sur fraction sableuse pourrait peut-être être faite en se basant sur la présence ou la fréquence de bancs de quartz issus des veines qui constituent souvent l'armature des schistes satinés.

Vers Vaku, ces Phyllites s'épidotisent, passant ainsi graduellement aux Epidotes, roches vertes de Vaku proprement dites, constituées d'Aluminosilicates de Ca et Fe.

Voici l'analyse de quatre échantillons en provenance des roches ci-dessus, récoltés par M. LEPERSONNE :

Elements		SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	K^2O	Autres éléments
Lampa	E78	66 0	11 1	3.2	2 2	0 3	3 2	
	E82	71 9	11 9	1 6	2 1	2 3	3 9	
Vaku	E154	54 4	23 9	3 3	2 1	0 3	3.9	
	E155	62 2	19 3	9 3	2 7	0 2	2 4	

Comme on le remarque, ces deux roches ont une bonne teneur en éléments biogènes

Amphibolites : en général donnent de bons sols argileux, rouges Elles constituent des « pointements » dans le système du Mayumbe, surtout dans les étages M1 et M2.

A présent que les différentes formations ont été localisées au sein de leurs unités géologiques et qu'on connaît approximativement les différents sols qu'on peut s'attendre à trouver dans une région déterminée, classons-les par grands groupes de roches-mères indépendamment de ces unités.

1. — *Schistes satinés phylliteux*

Sols argileux de teintes claires; grumeleux « sériciteux » légers moyennement profonds. Argilo-sableux pour les chloritoschistes, mêmes teintes.

2. — *Schistes satinés à métasilicates et silicates basiques.*

Sols argileux orangés, brun rougeâtres, rouges. Bonne structure grumeleuse; sols profonds.

3. — *Phyllites feldspathiques.*

Sols argileux rouges (rouge plus clair si phyllite quartzeuse), grumeleux, profonds à moyennement profonds.

4. — *Amphiboles et épidotes.*

Sols argileux rouges, profonds à bonne structure grumeleuse.

5. — *Micaschistes + quartzitiques.*

Sols argilo-sableux, rouge clair à rouges, en général peu profonds.

6. — *Schistes graphiteux.*

Sols argileux à argilo-sableux, brun foncé à brun jaunâtre, grumeleux assez compacts, assez fréquemment structure « cristalline » Sols peu à moyennement profonds, en général structure vite dégradée si initialement bonne.

7. — *Quartzites et grès.*

Sols sableux clairs souvent micacés (muscovite), quelquefois sablo-argileux (quartzites sériciteux), teintes claires, sauf une coloration grise due à des grès graphiteux ou aux cultures.

ALLITATION ET DEGRADATIONS

L'allitation jusqu'au stade « formation d'allite rouge ou jaune ou brune » se rencontre surtout dans les quatre premières catégories de sols; on y trouve également, surtout là où le bilan hydrique est déséquilibré, des pierrailles et quelques concrétions de limonites. Ces concrétions limonitiques sont plus nombreuses, par contre, dans les trois dernières catégories (N° 7 surtout); car les facteurs qui les conditionnent y ont une action beaucoup plus marquée; citons la mobilité des sesquioxydes et le déséquilibre dans la dynamique hydrique.

En général, le bilan hydrique de ces sols est déficient sur une beaucoup plus grande proportion de leur superficie que ceux des premières catégories, et c'est ce fait que semble traduire l'occurrence plus élevée de concrétions limonitiques.

Parmi les facteurs cités ci-dessus, le déséquilibre hydrique n'est pas nécessairement prépondérant, mais il faut tenir compte que l'eau constitue le « véhicule » des éléments en migration dont le stade ultime est le concrétionnement, et que d'autre part, par rapport aux autres facteurs, tel le milieu considéré du point de vue chimique, ce facteur hydrique fait figure de variable, les autres facteurs pouvant être considérés comme constantes pour un même type de sol.

On pourrait encore pousser l'analyse plus loin en considérant le facteur « bilan hydrique » pour un même type de sol, comme fonction du facteur topographique; ce que traduit souvent une plus forte proportion de limonite (dans l'horizon superficiel) sur les plateaux et sommets.

FACTEUR ANTHROPIQUE

Il fait figure de variable indépendante par rapport à de nombreux facteurs pédologiques, dont les facteurs chimiques et physiques; par contre, il est fonction du facteur topographique dans certaines limites, et surtout du facteur occupation indigène. Comme ce dernier est partout important au Mayumbe, on conçoit que l'action du facteur anthropique sera grande; elle se traduira par l'apparition de profils dégradés dans de nombreux sols.

Cette action défavorable est en relation avec les méthodes de culture pratiquées actuellement, et qui ne se justifient que faute de mieux; car elles modifient défavorablement la structure superficielle des terres, ajoutant aux effets de l'abatage du couvert sur les colloïdes du sol, ceux de l'incinération des parcelles de cultures. Ce processus de dégradation se poursuivra par l'érosion, l'entraînement des colloïdes minéraux et organiques et la désorganisation de leur bilan hydrique. Si l'équilibre ainsi rompu possède encore une certaine mobilité, une jachère forestière appropriée peut tendre à rétablir le niveau primitif; par contre, si l'action de dégradation a été trop forte, ou que le sol est « peu tamponné », *la réaction progresse jusqu'à l'équilibre inférieur, modifiant ainsi* **irréversiblement** *un des plus importants facteurs du milieu écologique*. Il y a dégradation. Remarquons que ces phénomènes peuvent très suggestivement être mis en parallèle avec les réactions chimiques simples et les lois qui les régissent; il s'agit d'ailleurs de phénomènes physico-chimiques appliqués aux colloïdes du sol.

Ces lois chimiques auxquelles nous faisons allusion sont notamment : celle de la réversibilité des réactions, la loi d'action des masses de GULDENBERG et WAAGE, celle des constantes d'équilibre et celle du déplacement des équilibres.

QUELQUES EXEMPLES EN CONNEXION AVEC LES FORMATIONS DU SYSTEME DU MAYUMBE

Vallée à l'Ouest de Tshela, située dans les schistes graphiteux typiques et à proximité de l'étage de la Duizi.

Vallée de la Lubolo, région à forêts secondaires et jachères nombreuses.

CONSIDERATIONS PEDOLOGIQUES.

Sols dérivés de l'étage de Tshela (Schisto-gréseux).

On y rencontre plusieurs catégories.

a) *Sols sablo-argileux* gris clair à jaune sale; l'horizon elluvial variant de 10 cm. à environ 1 m., un deuxième horizon similaire au premier mais souvent plus clair contient de nombreuses concrétions et rognons limonitiques, occupant dans certains cas plus de 50 % du volume du sol à la disposition de la plante. Ces concrétions varient

de 1 cm^3 à 2 ou 3 cm^3; on conçoit facilement les répercussions fâcheuses de tels horizons sur la teneur en eau utile à la disposition des cultures.

Au point de vue physique de ces sols, seuls ceux bien pourvus en eau et drainés sont bons. Au point de vue chimique : roche-mère pauvre, elluvion prononcée et présence de fer troublant l'assimilation du P_2O_5 constituent des caractéristiques défavorables. On trouvera ces sols par bandes recoupant obliquement la route de Tshela vers Kasamvu.

Ces formations semblent plutôt dériver des horizons à roche gréseuse que schisto-gréseuse.

b) *Sols sablo-argileux à argilo-sableux.*

Principalement de coloration brun à jaune orange; moins sableux que a), mais encore à fraction sableuse importante. Ils ont d'assez bonnes caractéristiques physiques et se localisent près des horizons à schistes graphiteux gris à noir.

c) *Sols argilo-sableux*

A % de sable encore moins élevé que b), souvent de coloration brune plutôt foncée; également localisés près des schistes graphiteux

Notons que l'on peut trouver toute une gamme de schistes graphiteux variant de gris vert et gris bleu à noir, faiblement ou fortement quartzitiques. C'est probablement cette variation de facies de la roche-mère qui est à l'origine des sols b) et a) notamment.

Appréciation.

Les sols a) sont mauvais; bien pourvus en eau et drainés, ils deviennent médiocres à bons.

Les sols b) et c) sont bons en tenant compte des restrictions habituelles pour les sols à fraction sableuse notable.

Plus loin, on rencontre des sols argileux grumeleux légers « séricíteux » à bonnes constantes physiques. Ils coïncident avec les affleurements de schistes satinés et sont analogues à ceux décrits plus haut

Remarque : Il s'agit ici d'un cas assez net de concordance entre allure géologique et sols. Ces derniers se retrouvent par bandes parallèles de direction similaire à celles des roches-mères.

Un autre cas de telle concordance se rencontre sur la route de Ganda Sundi vers le Nord-Ouest recoupant des bandes de sols différenciées et de direction similaire à celle des diverses roches-mères.

Vallée du Nord du Mayumbe située sur phyllites feldspathiques.

Vallée relativement encaissée, également jalonnée de chutes et rapides. La roche-mère serait de la phyllite feldspathique. Voici la description des échantillons que nous avons récoltés :

Roche dure, schistoïde, de couleur générale gris vert bleuâtre, à éclat brillant, blanc par plages (micas); structure porphyrique; on y

remarque de gros cristaux d'environ 1 cm. Ils ont un aspect vitreux, légèrement translucide à opaque, de teinte gris, gris mauve, mauve rosé, gris rose; il s'agit probablement de macrocristaux de quartz et feldspath. Au microscope, on note des cristaux de quartz Améthyste (alumine); ils ont une coloration violet très foncé, transparents sur les bords; leurs dimensions varient de quelques dizaines de Mu à 500 Mu, mais plus fréquemment ils ont de 200 à 400 Mu. Ces cristaux baignent dans une pâte microcristalline comprenant des cristaux de quartz, de diverses phyllites et probablement de métasilicates qu'il est difficile d'identifier en l'absence de lames minces; ajoutons que le faciès de ces roches se rapproche très fort de celui des roches décrites par POLINARD, DE DORLODOT et BAUSCH (ref. CAHEN).

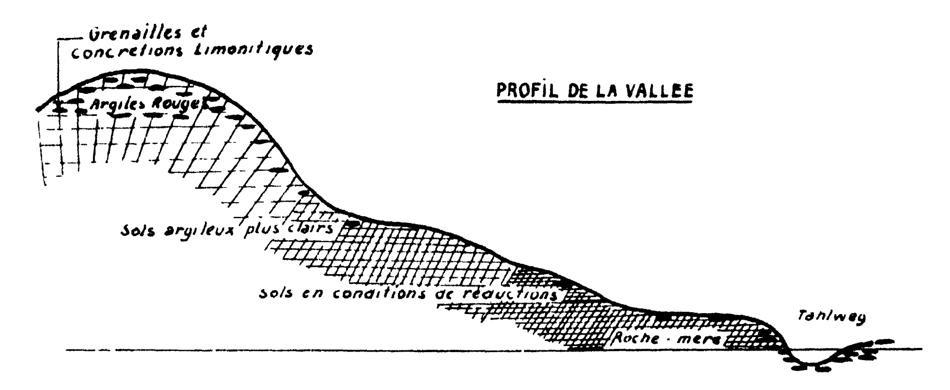
CONSIDERATIONS PEDOLOGIQUES.

Les sols autochtones situés près de ces roches sont du type des argiles rouges, orange à orange plus clair. Elles possèdent une bonne structure grumeleuse, plastique, les déblais frais sont formés de mottes s'émiettant facilement : en résumé, d'excellentes propriétés physiques.

Vers les sommets et crètes, on notera la présence de graviers et concrétions limonitiques (alvéolées); ces stations « sèches » ont un bilan hydrique beaucoup moins favorable que les stations de flanc ou de thalweg; ces vicissitudes se traduisent souvent par le concrétionnement des hydroxydes ferriques et aluminiques en surface, si le milieu n'est pas trop acide. Dans ce cas, ces grenailles superficielles pourraient être l'indice d'un sol à bonnes propriétés chimiques, mais de toute façon leur valeur agricole est inférieure aux *mêmes sols* situés sur les versants et fonds à bonne économie hydrique.

Dans de tels sols en région accidentée, on pourrait trouver jusqu'à concurrence de 70 % de terres aptes au cacaoyer. En d'autres mots, mises à part les exigences chimiques, les bonnes constantes physiques de ces sols permettent de reculer les courbes de niveau plantées beaucoup plus près des sommets que pour les autres sols dérivant des étages de Palabala, de Tshela, de Matadi (à fortiori), et même de la Duizi. Il nous faut ajouter que des sols situés dans les bandes d'affleurement des Phyllites feldspathiques, ceux décrits ci-dessus représentent la meilleure catégorie; ainsi par exemple, les sols trouvés en association avec les Phyllites feldspathiques dans la région située à l'est de Tshela, donnent des sols de valeur nettement inférieure; il est vrai que le facies de la roche n'est pas exactement le même que celui que nous décrivons ci-dessus.

Une remarque très judicieuse de J. MEULENBERG indique que cette bande de roche se trouve précisément dans une zone à pluviosité plus élevée; elle correspond en effet à la zone « au vent » située avant les reliefs dominants du Nord-Est du Mayumbe à laquelle nous faisions allusion au début de ces notes.



Vallée du Nord du Mayumbe située à l'étage de la Duizi.

La rivière est creusée dans l'axe d'un synclinal, M3/M4/M3, les dominantes du relief étant quartzitiques et gréseuses, l'axe du synclinal coïncide avec les affleurements de roches tendres, en l'occurrence les schistes satinés de la Duizi.

Nous avons un cas typique de relief normal à un stade juvénile . la vallée est encaissée et jalonnée de rapides et chutes, le couvert est une forêt primaire. La partie supérieure des flancs de cette vallée est constituée de sols issus de grès et quartzites de l'étage de Tshela (faciès Nord). Etant perméables en petit, elles assurent une excellente alimentation hydrique de la vallée constituée de roches peu perméables; aussi une bonne partie des sources se localisent au point de rencontre de ces deux terrains.

Il est assez typique de constater que les niveaux les plus bas des roches tendres sont très fréquemment ceux à fraction sableuse plus importante; il s'agit probablement de chloritoschistes, assez quartzifères. Ils se localisent souvent comme nous le faisions remarquer précédemment, à la base de l'étage au contact de celui de Tshela. Aux niveaux supérieurs, par contre, se rencontrent une proportion élevée de sols argileux à très bonne structure; ils correspondent vraisemblablement aux séricites et talcschistes; les sols à tonalités rouges étant probablement issus de schistes composites à Epidotes ou Amphibolitoschistes et de toute façon de roches à pourcentage de métasilicates plus élevé que ceux à tonalités brun clair, jaune brun, etc., les conditions pédogéniques étant quasi identiques.

Catégories de sols rencontrés dans la région ci-dessus.

Deux catégories principales : la première dérivant de l'étage de Tshela, la deuxième des Schistes satinés de la Duizi.

Catégorie I : Sols sableux, jaune clair, gris, gris brun, jaune orangé; cette dernière coloration correspondant aux sols sableux « collants ». le liant colloïdal étant composé de fer. Ils ont en général une structure très labile, et souvent la roche-mère se situe à faible profondeur: il s'agit de grès tendres blanc à blanc rougeâtre.

Catégorie II : Les Schistes satinés fournissent la majorité des sols de la vallée.

a) *Sols clairs :* à fond jaunâtre, argilo sableux probablement dérivés de Caloritoschistes par endroits, ces sols sont très crissants, ce qui est à mettre en relation avec une roche-mère plus quartzifère; ces grains de quartz détritiques atteignent parfois 1/2 à 1 mm.

Dans les fonds et débuts de flancs bien irrigués, ces sols sont de bonne qualité; vers les parties supérieures des flancs et sommets, ils acquièrent une structure plus granuleuse.

b1) *Sols brun clair :* brun olive à brun orangé, ne contiennent que peu ou pas de quartz. Ils donnent des sols argileux légers, à bonne structure granuleuse, peu compacte.

b2) *Sols plus foncés :* Sols peu à moyennement profonds en site accidenté, de tonalité brun rouge à rouge foncé; à très bonne structure grumeleuse, un peu trop compacte localement; profils souvent plus profonds que les précédents, il s'agit probablement de roche-mère du type des amphibolitoschistes.

APPRECIATION DES FACTEURS PHYSIQUES.

Cat. I : Sols peu propices aux cultures sauf fonds bien irrigués, structure poussiéreuse et labile.

Cat. II : Sols meilleurs que *I* à bons.

Pour a) — restriction faite des sommets et d'une bonne partie des flancs, assez bonne structure grumeleuse avec présence de quartz détritique rendant le profil crissant.

Pour b1) et b2) — bonne structure grumeleuse, et bonne réserve hydrique, teneur en eau utile fin saison sèche satisfaisante, même sur des sommets « surcimés ».

EXEMPLE DE PROSPECTION RAPIDE AYANT SERVI A L'ETABLISSEMENT DE LA CARTE PEDOLOGIQUE DE CETTE REGION

Comme le but de cette prospection était avant tout de se faire une idée des différents types de sols et de leur répartition, aucun échantillon n'a été prélevé ni aucune analyse exécutée; les analyses ne se feront qu'avant la mise en valeur.

On rencontrera au Mayumbe différents types de sols sur des étendues souvent restreintes, et il peut sembler que des analyses de sols au laboratoire s'y imposent plus qu'ailleurs. Ce n'est pas notre avis : dans ces régions à cycle géographique relativement juvénile, la connaissance de la roche-mère, le profilage, l'étude topographique et écologique de la station suffisent pour se faire une première idée assez juste de la valeur de ces sols, alors qu'une analyse plus poussée en laboratoire sera nécessaire pour diagnostiquer la valeur de sols situés dans des régions pénéplanées à cycle géographique plus sénile.

Description de la méthode employée.

N. B. Il s'agit de régions assez fortement accidentées; le couvert est celui de forêts primaires et secondaires.

1° — Parcourir les sentiers et la vallée principale, afin de se rendre compte de la configuration topographique et des principales formations géologiques; cela permettra déjà de se faire une idée des principales catégories de roches-mères qu'on pourra rencontrer.

2° — Etablir des percées perpendiculaires à la vallée principale, et au moins une parallèle (à la vallée); les relier entre elles de façon à obtenir une polygonale, ce qui est nécessaire pour l'établissement des courbes de niveau, et permettra des recoupements « d'appréciation ».

3° — Ayant choisi un point de départ (point 0) une équipe de profileurs exécute des profils de faible profondeur tous les 100 mètres, et des profils profonds tous les 3 à 500 mètres suivant la région. Une équipe de chaîneurs accompagne les profileurs.

4° — Equipe de prospection proprement dite, à laquelle est adjoint un profileur supplémentaire muni d'une bêche et d'une barre à mine, sa tâche consiste à approfondir certains profils et à les sonder pour déceler d'éventuels bancs rocheux non découverts par le premier profilage.

Le relevé topographique en direction et en inclinaison (clinomètre) à partir du point 0 accompagné de la description topographique de chaque station (tous les 100 m.), c'est-à-dire direction des principales courbes de niveau; situation (1/2 flanc gauche) sommet; fond thalweg, etc. Eventuellement, un *relevé géologique*, allure et description de la roche.

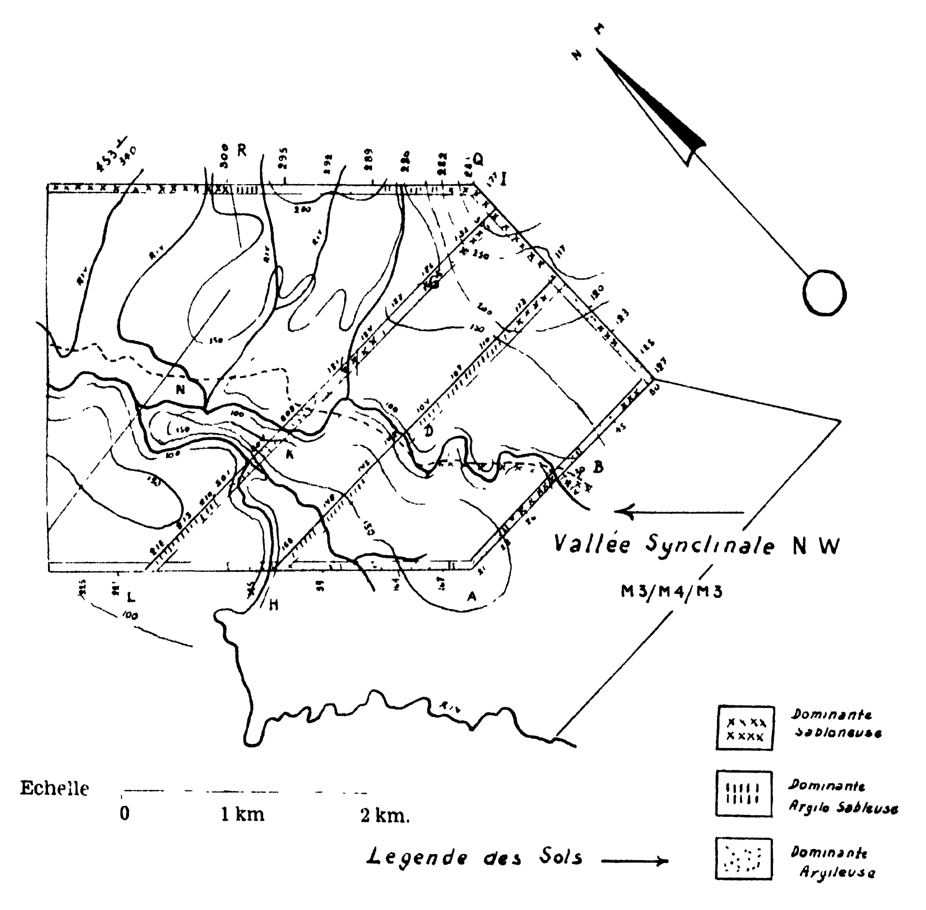
Description écologique de la station (principalement couvert arbustif et herbacé).

Description du profil. Les principales caractéristiques morphologiques des sols profilés sont annotées au moyen de signes situés dans de larges colonnes permettant leur fluctuation (*voir feuille de prospection*). Cette description subjective dans certaines limites, des caractères d'un profil par rapport aux précédents est néanmoins préférable, pour l'établissement d'une carte des sols, à celle *consistant à statuer sur chaque cas*. Ces caractères « fluctuants » sont notés pour la tex-

ture, l'humidité du profil, la compacité des bancs; ces estimations sont elles-mêmes *complétées par d'autres estimations* annotées au moyen d'abréviations, par exemple : la structure, l'aspect des déblais de profilage, la plasticité, la présence de quartz détritique rendant le profil crissant (beaucoup, peu, pas), et la couleur basée sur une échelle

Extrait de la Carte d'une Prospection

Dans le Nord du Mayumbe



comportant une quarantaine de couleurs, chacune ayant un numéro et une indication d'intensité. Fort, moyen, faible (exemple 27F-09f correspond à jaune grisâtre – 09/27 indiquant la couleur des deux horizons lorsqu'ils sont décrits).

Ce système de signes, pouvant occuper une place variable suivant la valeur des caractères examinés, a l'avantage de fournir des courbes

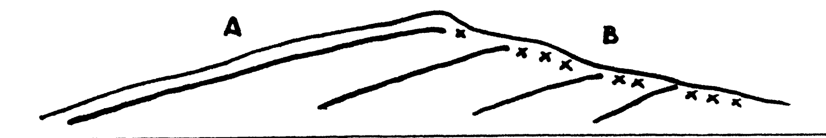
de variation en relation avec la progression le long des percées. En effet, les différentes fluctuations sont en abscisse tandis que la localisation est en ordonnée (100 m., 300 m.,etc.) .

Dans la suite des numéros de profils, on passe quelquefois plusieurs numéros, afin de faire correspondre le chiffre des unités du profil avec le chiffre des centaines de mètres du relevé topographique, cela permet un contrôle, et l'exécution de la carte topographique et de la carte des sols s'en trouve facilitée.

On trouvera ci-après un exemple d'un tel relevé comportant trois parties : 1° relevé topographique; 2° relevé pédologique et 3° notes écologiques.

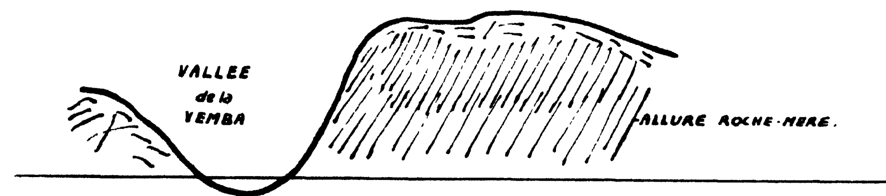
Altération des roches et allures géologiques.

Filons de quartz. Ceux qu'on rencontre dans les roches de l'étage de Tshela et de la Duizi notamment, ont souvent la même orientation que les plans de stratification de ces roches. Pour peu que leur inclinaison soit faible, ces filons peuvent localement constituer des bancs très compacts (A); alors que sur le versant opposé, ces bancs sont beaucoup plus lâches. Les premiers constituent des bancs primaires venus en surface par désagrégation, et érosion des roches supérieures plus tendres constituant la roche-mère proprement dite; alors que les seconds, d'origine colluvionnaire et beaucoup moins compacts, dérivent de la désagrégation de filons formant un angle aigu avec la surface d'érosion (B).



L'influence de ces bancs peut varier de bonne à mauvaise suivant plusieurs facteurs, tels composition du sol, position topographique, etc Ainsi une bonne influence peut résulter de la présence de quartz dans des sols trop lourds ou compacts, comme le cas se présente dans des sols argileux juvéniles, issus de certains schistes métamorphiques. Par contre, une mauvaise influence peut résulter de la présence d'un banc à faible profondeur dans des sols argilo-sableux à sablo-argileux dérivés de l'étage de Tshela ou de Matadi. Un de ces cas est illustré par une plantation de palmiers à mauvais état végétatif par suite d'un bilan hydrique très déséquilibré. Dans le fond de la vallée, ce banc est situé sous la nappe phréatique beaucoup trop élevée, par endroits l'eau stagne longtemps en surface. Sur les flancs de la même vallée, le banc de quartz, cette fois-ci situé au-dessus de la nappe, joue un rôle opposé et fonctionne comme un horizon à très faible vitesse capillaire, rendant en saison sèche une bonne partie de l'eau pendulaire et celle de la nappe phréatique non disponible pour les plantes; ce

fait est encore aggravé par la présence en surface d'une couche de terre à vitesse capillaire élevée. Résultat normal : cette couche de sol arable possède trop peu d'eau utile en saison sèche pour alimenter des palmiers sélectionnés.



Autres bancs.

En dehors des bancs de quartz, ceux constitués par la roche-mère elle-même peuvent constituer un obstacle à la mise en culture. La plupart de ces sols sont d'ailleurs déjà caractérisés par des pentes trop fortes, excluant les cultures.

Des cas se rencontrent dans les formations de l'étage de la Duizi. L'éluvium sur ces pentes parallèles aux plans de stratification n'atteint quelquefois que quelques cm.; une végétation arbustive spéciale colonise ces flancs parmi laquelle nous notons des légumineuses du genre *Pentachletra*.

Les sols situés sur les versants opposés et par conséquent formant un certain angle avec les plans de stratification, sont plus profonds, l'altération de la roche-mère étant beaucoup plus facile et rapide.

Relevé topographique

(1)		(2)	(3)	(4)	(5)
		N° PR	m	Azimut	Clinomètre
0	1	—	—	—	—
1	2	281	100	0°	+ 19
2	3	282	100	0°	· 1
3	4	—	60	315°	— 17
4	5	283	40	315°	— 7

(1) Numéro des stations.

(2) Numéro des profils.

(3) Distance en mètres entre deux stations

(4) Azimut.

(5) Clinomètre.

EXTRAIT DU CAHIER DES NOTES ECOLOGIQUES

Description botanique des stations.

281 — dt. *Pentaclethra Eetv.* — Uapaci sp. — Afzelia sp. Trichoscypha congoensis — Polyalthia suaveolens — sous-bois faiblement herbacé.

282 — idem.

RELEVÉ · PÉDOLOGIQUE

1	2	3				4	5	6		7	8	9	10	11	12	13
N°P.R.	M.	Sx	Sa	As	Agx	Q	Prop Physique	BK CPT	BK Lâche	Cm	H.h s S	Couleur	Site	CN	CT	Appr
281	100	x				N	granulx	Qzte		30	x	09 03	côte	⊥	FI	Mo
282	200	x				N	"	Qzte		40	x	09 03	3/4 Fl gh	/	FI	Mo
283	700		x			N	"	Qzte		30	x	09 03	"	⊥	FI	Me
284	400		x			N	"	Qzte		40	x	09 03	pente	⊥	FI	Me
285	500		x			N	" (grx)	Qzte		50	x	09 03	"	⊥	FI	Me
286	600		x			N	"	–	p	70	x	17 09	"	⊥	FI	Me
287	700		x			N	"	Qzte		15	x	03 17	"	⊥	FI	Me
288	800		x			N	"	Qzte		15	x	03 17	"	⊥	FI	Me
289	900			x		P		–	p	50	x	17	Talhweg	⊥	FI	Me B
290	1000			x		–	GRx	Schx		20	x	27	côte	/	FI	Me
291	1100			x		–	"	–	p	50	x	22	▲	⊤	FI	B
292	1200				x	–	" serx	Schx		50	x	27	plat	⊣	FI	B
293	1300				x	–	" "	–	p	60	x	22		⊣	FI	B
294	1400				x											
295	1500				x											
etc																

(1). Numero d'ordre des stations (Profils)
(2) - Metrage.
(3) - Texture Sx = Sableux, Sa = sablo-argileux As = argilo-sableux Agx = argileux
(4). Présence de quartz détritique N = beaucoup, p = peu – - pas
(5) - Propriétés structurales granuleux (légèrement grumeleux) = granulx (grx) ; GRx grumeleux Serx sériciteux
(6) - Banc CPT = compact, Lâche = lâche, Qzte = quartzite Shx = schisteux ; Ferrx - ferreux p pas de banc à 70 cm.
(7) - Profondeur du banc en cm
(8) - Humidité H forte ; h moyenne, s = faible (assez sec), S - très sec
(9) - Couleur échelle de référence.
(10) - Site, côte, 3/4 Flanc gh = 3/4 Flanc gauche pente Talhweg ▲ : sommet
(11) - Allure des courbes de niveau suivant la progression de la percée ⊥ C N normale, perpendiculaire, pente vers l'avant
(12) - Couvert FI = forêst primaire
(13) - Côte d'appréciation, Mauvais Mo médiocre Me, B = Bon
(15) Colonne, aspect des déblais N'a été établie que pour les prospections ultérieures
N.D.L.R. La position des croix dans les colonnes 3 et 8 indique des nuances dans la texture des terrains ou dans le degré d'Humidité

283 — dt. *Tombo* (voir herbier et cahier description botanique) — Ongokea Kl. Staudtia gabonensis — Pentadesma sp. — Polyalthia suaveolens — Pi (Perschis) Treculia Brieyi — Pentadesma.

285 — dt. *Tombo* (v. 283) *Symphonia* sp. — Panda celeosa — Coula edulis.

286 — dt. *Pentaclethra Eetv* — Coula edulis — Symphonia sp. — Treculia Brievi.

288 — dt. *Tombo* (c 283 — Combre todendron — Piptadenia sp. — Cœlocaryon — Anogeissus — Schimperi (Fam. Combretaceae) voisine du Terminalia.

291 — dt. *Anogeissus* — *Schimperi* — Ongokea Kl. Leplaea coalescens — Treculia Brieyi — Cœlocaryon — Polyalthia suaveolens.

296 — dt *Daniella* sp. et *Pentadesma* — Polyalthia suaveolens — Cœlocaryon — Treculia Brieyi — Afzelia sp.
etc

N. B — Dt. = dominant — L essence dominante ne résulte pas d'une taxation, mais de l'examen des arbres facilement identifiables dans un rayon de quelque 50 mètres autour de la station

DONNEES CULTURALES

Cacao.

Il faut réserver à cette culture les sols dérivant dans de bonnes conditions pédogéniques, de Phyllites feldspathiques, d'Amphibolito-schistes, d'Amphiboles et d'Epidotes.

Les sols réunissant ces qualités de composition minéralogique et de conditions pédologiques favorables ne sont pas fréquents et doivent être à tout prix préservés de dégradation conséquente à leur utilisation irrationnelle, tel l'établissement de cultures vivrières annuelles. Il s'agit là d'un véritable gaspillage économique.

Hévéas.

En région accidentée, à défaut de larges vallées, ou de sols réunissant de bonnes qualités physiques, les moins bons des sols cités ci-dessus, ainsi que ceux issus de Schistes « satinés » pourraient être attribués aux Hévéas.

Ou alors les mêmes sols que ci-dessus réalisables en cultures mixtes : cacao sous hévéas tel que le préconise HACQUART (Bull. Agricole du Congo Belge, 1944, N° 1-4, vol. XXXV).

Palmier.

Les autres catégories de sols à fraction sableuse plus importante mais possédant un *bilan hydrique favorable*, et une profondeur suffisante; le palmier *étant exigeant* en eau, ce facteur sera spécialement limitatif.

CULTURES VIVRIERES ANNUELLES (*extensives*).

Les moins bons sols. Il est rare à notre connaissance de voir des cultures vivrières se solder par un échec; nous en avons souvent noté

établies sur des sols impropres à toute culture arbustive, par suite de la présence de bancs compacts, de nappes phréatiques élevées, etc

Pour autant qu'elles ne soient pas intensives, elles réalisent une occupation rationnelle de ces sols. D'autre part, ces cultures offriront dans l'avenir plus de possibilités au point de vue fumures, travaux mécanisés, façons culturales, que les cultures arbustives, et de ce fait doivent rester localisées aux sols ne convenant pas à ces dernières. Ces sols sont beaucoup plus étendus au Mayumbe que les bons sols.

CULTURES VIVRIERES ANNUELLES (*intensives*).

Plus exigeantes que celles ci-dessus. La question des sols à leur attribuer devrait être examinée. Plus les questions d'ordre économique, telles fumures, façons culturales seraient favorables, plus elles pourraient descendre dans l'échelle de fertilité.

CONSIDERATIONS EN RAPPORT AVEC LA VOCATION AGRICOLE DES SOLS DU MAYUMBE

Il ressort nettement d'observations de divers auteurs et de nos constatations personnelles que les *bonnes terres* sont relativement rares au Mayumbe. Nous donnons au qualificatif bonne terre le sens qu'il devrait avoir pour satisfaire aux exigences de cultures arbustives délicates, par exemple le cacaoyer.

Plusieurs facteurs conditionnent cet état :

1°) *Roches-mères*. Elles sont de composition fort variable; celles donnant un eluvium argileux profond, bien pourvu chimiquement et de bonne composition hydrique, sont beaucoup moins répandues que les autres types de roches.

2°) *Facteur topographique*. Plus il intervient en intensité, plus son action défavorable s'exerce sur les qualités physiques du profil (notamment par déséquilibre hydrique vers les sommets).

Or le Mayumbe est caractérisé par un relief accidenté, et de ce fait, les fonds de vallée ne représentent qu'une faible proportion de la surface totale. Une estimation de J. MEULENBERG donne pour les fonds 10 %, pour les sommets 30 %, et pour les flancs 60 %. Ainsi de nombreux sols que les constantes chimiques et physiques déterminées au laboratoire feraient classer comme bons, voient leur bilan hydrique tellement déprimé en fin de saison sèche, qu'ils doivent être classés comme médiocres, pour peu qu'ils se localisent à une certaine hauteur sur les flancs (à forte pente).

3°) *Le climat* du Mayumbe est en majeure partie celui de Pluviisilvae à sa limite vers Hemiisilvae. Il est caractérisé par 4-5 mois de saison sèche.

4°) *Le facteur anthropique*. La population du Mayumbe est très dense comparée à la moyenne de l'Afrique centrale. Il reste très peu de forêts primaires; beaucoup de forêts secondaires et remaniées et de nombreuses jachères, beaucoup de sols dégradés.

Par endroits, assez nombreux dans certaines régions même au Nord du Mayumbe, on remarque de petites savanes; il se peut que le climat local ait fait définitivement pencher l'équilibre écologique conditionnant leur présence; mais le facteur anthropique en restera *néanmoins une des causes initiales*. Dans plusieurs cas, il a été noté que ces petites savanes se reboisaient après quelques dizaines d'années; probablement là où l'on pourrait exprimer le facteur écologique de la façon suivante :

Rapport :

$\sum$ *Tendances à Pluviisilvae* / $\sum$ *tendances à Hemiisilvae*. > à 1.

Il est à remarquer que de ces quatre facteurs le 1°, 2° et 4° constituent des variables indépendantes alors que le 3° est relativement une constante. En considérant ces trois variables dans un intervalle « action favorable à action défavorable » sur les qualités du sol, on notera que le facteur anthropique varie dans le sens inverse des deux autres. En d'autres mots, le facteur anthropique de dégradation ne coïncide pas avec : Eluvium développé sur roche-mère pauvre, non plus avec facteur topographique le moins favorable (sommet). C'est souvent le contraire qui se produit, et cela diminue encore la proportion déjà faible de bons sols.

Ces circonstances conduisent à une économie agricole néfaste pour l'avenir et à un véritable gaspillage économique; les rares bons sols convenant à des cultures arbustives exigeantes et délicates étant dégradés par des cultures annuelles, alors que d'autres sols de qualités médiocres pour cultures arbustives mais convenant bien aux cultures vivrières annuelles, sont faiblement occupés.

En Nigérie, par exemple, à quels changements dans l'économie agricole du pays n'aurait pas donné lieu l'utilisation des bons sols portant encore actuellement des cacaoyères, s'ils avaient déjà depuis longtemps été dégradés par des cultures vivrières ?

Au Mayumbe, vu leur étendue relativement petite, ces bons sols mis en réserve ne provoqueraient aucune perturbation dans l'approvisionnement vivrier du pays; mais par contre leur dégradation se traduit par des « manques à gagner » importants.

Il faudrait pouvoir extraire ces sols du cadre étroit conditionné par les limites des secteurs dont deux des principaux facteurs sont : le nombre d'habitants et la surface disponible.

Nous nous représentons les grosses difficultés à vaincre tant du point de vue de la réalisation pratique de mesures ayant pour objet la classification et peut-être la redistribution de certaines terres, compte tenu de leur valeur et donc de leur vocation agricole; mais nous tenions à souligner cette question, qui appelle celle du perfectionnement de l'agriculture indigène, de la constitution d'une classe d'agriculteurs, d'hommes travaillant aux champs avec des outils appropriés, en lieu

et place, des méthodes de jachères pratiquées par les femmes *avec la complicité de l'incinération.*

Ce problème épineux pourrait également s'intituler « tout le monde au travail »; l'agriculteur au champ, que ce soit du palmier, du cacao, du café, ou des cultures vivrières; l'artisan à son établi; les employés et ouvriers à leurs travaux respectifs... Mais en attendant ces réalisations, peut-être encore lointaines, des mesures immédiates peuvent être préconisées; elles visent, comme nous le disions ci-dessus, le perfectionnement de l'*agriculture indigène.* Une première mesure consisterait, comme partout, en l'amélioration des façons culturales, ayant pour but de ralentir la dégradation des sols, conséquence de cultures vivrières pratiquées de façon irrationnelle. Nous envisagerions parmi ces mesures l'intercalation de haies de légumineuses buissonnantes en courbe de niveau, allant jusqu'à la constitution de pseudo-terrasses.

Les flancs bien exposés pourraient se cultiver par bandes étroites horizontales taillées dans les jachères trop jeunes pour être recultivées complètement, les bandes non réoccupées subissant une jachère prolongée capable de hâter la recolonisation forestière des précédentes.

EN GUISE DE CONCLUSION.

Dans le cadre de l'économie mondiale et de la situation déficitaire de l'alimentation de nombreuses populations, y compris les premiers intéressés, cette dégradation du patrimoine commun se justifiera de moins en moins. Il est temps de prévoir dans ce domaine, comme cela se dessine déjà, une coopération plus étroite des recherches agrologiques, spécialement dans les zones tropicale et subtropicale, en coordination avec les besoins de la consommation mondiale.

BIBLIOGRAPHIE

BEIRNAERT. — *La Technique culturale sous l'Equateur.* Inéac, 1941

L. DE LEENHEER. — *Introduction à l'étude minéralogique des sols du Congo Belge.* Inéac, 1941.

L. DE LEENHEER & G. WAEGEMANS. — *Le sol · Introduction à la pédologie*

DE MARTONNE. — *Abrégé de Géographie physique.* Paris, 1938.

F. J. KAISIN. — *Eléments de minéralogie et de lithologie* Louvain. Librairie Universitaire, 1939.

LIVENS. — *L'Etude du sol et sa nécessité au Congo Belge.* Inéac, 1943

J MEULENBERG. — *Tiré à part du Bulletin du Service géologique.* N° 1. Léopoldville, 1945.

H SCAËTTA. — *La Genèse climatique des Sols montagnards de l'Afrique Centrale.* Mémoires de l'Institut Royal Colonial Belge. Bruxelles, 1937

Influence des microorganismes sur certaines propriétés physico-chimiques des sols de Yangambi

par

H. LAUDELOUT, J. L. D'HOORE & J. J. FRIPIAT,
Assistants à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C., à Yangambi

Depuis quelques années, l'attention des microbiologistes du sol s'est portée de plus en plus fréquemment sur l'influence des microorganismes sur diverses propriétés physiques et physico-chimiques du sol.

Les recherches sont parties du fait bien connu que lorsque de la matière organique est incorporée au sol, ses propriétés physiques, et plus spécialement son agrégation, sont modifiées (3, 6, 7, 15, 18, 36, 9, 22, 8). On savait, d'autre part, que les effets initiaux obtenus étaient d'autant plus prononcés que la matière organique était plus facilement assimilable. NORMAN (25) en déduisait qu'il ne pouvait donc s'agir de l'effet d'une fraction résiduaire de la matière organique végétale.

Une série de recherches effectuées sur l'agrégation, l'érodibilité et la perméabilité par WAKSMAN (35), MARTIN (19, 20, 21), McCALLA (24, 16, 17), ALLISON (4), PEELE (26, 27, 28) démontra que les microorganismes jouaient un rôle considérable dans les phénomènes observés.

L'étude du mécanisme de l'action des microorganismes a fait également l'objet d'assez nombreuses recherches. D'après les vues de l'école soviétique (11), l'action des microorganismes se ferait par l'intermédiaire de leurs produits d'autolyse ou de produits de métabolisme (11). Les travaux de HAWORTH et al. (12) et GEOGHEGAN et BRIAN (10) ont confirmé ces vues jusqu'à un certain point. Cependant, les travaux de MARTIN (21) ont montré que dans le cas des fungi, 50 % de l'effet d'agrégation étaient dus à la liaison mécanique des particules par le mycélium; dans le cas d'une espèce bactérienne étudiée, 20 % seulement étaient dus à cette cause. Un travail récent de MOLINA et SPAINY (23) a montré que les colloïdes produits pendant la

décomposition aérobie de la cellulose avaient un effet d'agrégation sur des sols rouges indépendamment des microorganismes.

Les expériences qui font l'objet de ce mémoire ont été enreprises afin d'obtenir quelque lumière sur le rôle des microorganismes dans quelques processus physico-chimiques du sol, qui ont fait l'objet d'un travail antérieur de deux d'entre nous (J. D. et J. F.) (9).

Nous avons choisi d'étudier la variation des taux de peptisation de la surface spécifique et des constantes qui en découlent d'après les relations établies antérieurement (9) plutôt que d'étudier les variations de l'agrégation. En effet, nous avions à notre disposition pour mesurer ces grandeurs des méthodes qui nous permettaient d'obtenir des résultats reproductibles et susceptibles d'une interprétation générale.

Par contre, les méthodes de mesure pour la détermination de l'agrégation sont encore bien imparfaites, en raison des nombreuses insuffisances et limitations de la technique dans son état actuel.

Ce sont ces limitations qui faisaient dire à NORMAN (25) : « progress is hindered by imperfect methods of determining aggregation and expressing numerically the structural conditions of a soil ».

Nous avons développé antérieurement les idées schématisées et résumées ci-après.

1° Nous avons trouvé que, par des actions se passant dans la rhizosphère, les plantes étaient capables de transformer les colloïdes naturellement floculés en colloïdes peptisés.

2° Elles peuvent exercer cette action sur une certaine épaisseur du profil, épaisseur dont la grandeur est caractéristique de l'association végétale que le sol porte ou des traitements culturaux qu'il a subis.

3° L'intensité de l'action est variable et constitue une autre caractéristique : nous l'exprimons par le rapport en « pour-cent » du contenu en « peptisé » au contenu total en colloïdes.

4° La qualité du « peptisé » est une troisième grandeur caractéristique : nous l'exprimons par le coefficient Ψ.

Rappelons la formule de base que nous avons obtenue :

$$So = K + k F + \Psi \, 100 \frac{P}{T}$$

où So est la surface spécifique des agrégats contenus dans la partie fine (< 0,297 mm.) des terres

F est leur contenu en colloïdes floculés.

P est leur contenu en colloïdes floculés peptisés.

T est leur contenu en colloïdes floculés totaux.

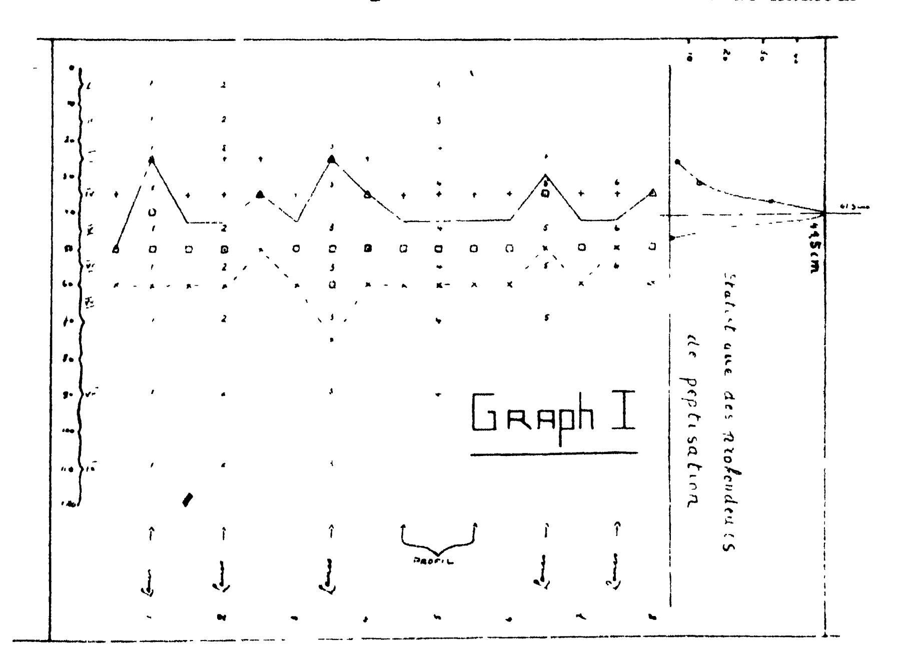
Les constantes k et K définissent les qualités du colloïde floculé et nous servent à la détermination des types de sol.

L'épaisseur des couches peptisées, l'intensité de peptisation $\frac{P}{T} \times 100$ et la qualité « structurale » des colloïdes peptisés (Ψ) sont les trois critères qui nous permettent de *caractériser* le rôle *vecteur* que ces colloïdes jouent dans la structure physique des terres examinées.

Le but de cette note est de relater la première série des expériences que nous avons effectuées pour étudier l'influence des microorganismes sur les trois facteurs cités plus haut qui déterminent le comportement des colloïdes peptisés.

PARTIE EXPERIMENTALE

Le sol utilisé pour cette expérience provenait d'un profil sous forêt primitive des environs de Yangambi. Le sol était du type des sols jaunes sableux et ne montrait aucune caractéristique morphologique très saillante, à part l'infiltration de matière organique dans les couches supérieures et une légère induration vers la base du profil. Le profil examiné avait une longueur de 7 m. 50 sur 1 m. 50 de hauteur



Les limites des zones de floculation et de peptisation furent déterminées sur la paroi du profil suivant la méthode de D'HOORE et FRIPIAT (9) à intervalles réguliers de 50 cm. Le résultat de ces déterations est reproduit dans le graphique I (trait plein : début de floculation; trait hachuré : floculation totale).

Une série d'échantillons fut prélevée aseptiquement sur la paroi fraîche du profil, aux endroits indiqués sur le croquis de tranchée par des (o).

Des lames porte-objet furent également insérées en divers endroits de la paroi du profil pour l'examen de la microflore suivant la méthode de ROSSI-CHOLODNY.

Finalement, à l'endroit indiqué sur le graphique, une série de 9 échantillons représentatifs fut prélevée tous les dix centimètres jusqu'à 60 cm., puis de 60 à 80, de 80 à 100 et de 100 à 120 cm. et numérotés de I à IX.

Au laboratoire, les échantillons des mêmes couches furent homogénéisés. Après homogénéisation, les déterminations suivantes furent effectuées : pH, contenu en eau, Azote total, Fer mobile, surface spécifique et taux de peptisation. Ces deux dernières déterminations furent effectuées sur la fraction < 297 mm. du sol séché à l'air suivant la technique décrite précédemment (9).

Les déterminations quantitatives de la microflore furent effectuées le jour même sur les échantillons prélevés aseptiquement.

Après dilution du sol dans l'eau stérile, une aliquote de la dilution au 1/1.000 ou au 1/10.000, suivant la profondeur de l'échantillon, fut ensemencée sur Na albuminate agar (34), les bactéries et les actinomycètes furent comptés sur ce milieu, après sept jours d'incubation à la température du laboratoire (25 à 30° C.). Les fungi furent déterminés par numération sur le milieu de WAKSMAN (33) modifié par addition de Rose bengale au 1/15.000 suivant SMITH et DAWSON (30) après trois jours d'incubation à la température du laboratoire. Les terres prélevées furent, après homogénéisation, divisées en six séries (de A à F) et les échantillons correspondant aux neuf horizons du profil des séries C, D, E, F, furent répartis par fractions de 200 g. dans des Erlenmeyers de 500 ml. Après addition de 1 % de cellulose sous forme de papier filtre moulu, les échantillons du sol furent stérilisés à l'autoclave sous une pression de 2 kg. pendant deux heures.

Après stérilisation, la série C fut réensemencée avec 1 ml. d'une suspension au 1/100 du sol de surface, les trois séries D, E et F furent ensemencées avec un *Penicillium* sp.

L'incubation se fit à la température du laboratoire pendant deux mois.

Pour empêcher la dessiccation du sol, 5 ml. d'eau distillée stérile furent ajoutés à trois reprises au cours de la période d'incubation

RESULTATS

I. - Les caractéristiques microbiologiques du sol au départ et leur évolution.

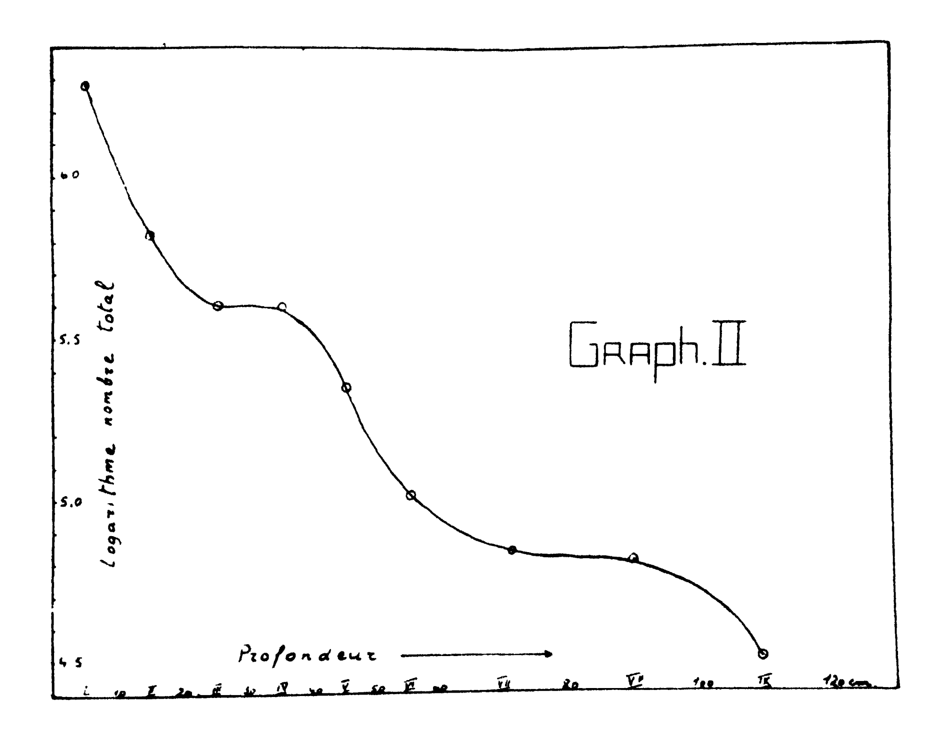
La table I reproduit les résultats de la numération dans les neuf horizons du profil examinés, les résultats étant la moyenne de trois à six déterminations par niveau.

TABLE I.

Logarithme du nombre total de microorganismes et abondance relative en % bactéries, fungi et actinomycètes.

Profondeur en cm.	Logarithme du nombre total	Abondance relative en %		
		Bactéries	Actinomycètes	Fungi
0 - 10	6 287	35.7	63 0	1 3
10 - 20	5.823	25.5	74 5	—
20 - 30	5 607	31.0	68.8	0 2
30 - 40	5 616	38 2	61.6	0 2
40 - 50	5 310	55.6	44 2	0 2
50 - 60	5 087	65 2	34 2	0 6
60 - 80	4 835	46 2	53.7	0 1
80 - 100	4.832	55.3	44 5	0 2
100 - 120	4 404	44 0	55.8	0 2

Ces chiffres, qui sont reportés sur le graphique II, montrent qu'après avoir diminué brusquement dans les couches qui sont encore peptisées, les nombres totaux de microorganismes passent par un palier et diminuent alors moins lentement, tandis que les abondances relatives des bactéries et des actinomycètes oscillent autour de 50 %.



Un fait remarquable qui se dégage de ces données est que les fungi ne forment qu'une proportion très faible de la microflore totale à tous les niveaux du profil. Ce fait est très général pour tous les sols de forêt et a été reconnu à maintes reprises dans de nombreux sols de forêt des environs de Yangambi. Il n'en va plus de même bien entendu dans la litière forestière, qui d'ailleurs n'était pas prise en considération dans ce travail.

Le fait que les actinomycètes prédominent nettement dans les couches supérieures du profil est probablement dû à ce que le pH de ces couches était légèrement plus élevé que la moyenne des pH des sols de forêt.

L'examen des contact-slides suivant la méthode de ROSSI-CHOLODNY a confirmé dans l'ensemble les données obtenues par numération.

Les actinomycètes étaient surtout abondamment représentés dans les couches supérieures. Ils y étaient présents sous forme de mycélium végétatif, alors que dans les couches profondes on trouvait surtout des chaînes de spores. Ceci tendrait à faire croire que leur importance dans ces couches, au point de vue des processus microbiologiques, est plus faible que ne le montrent les données obtenues par la numération.

Les formes bacillaires étaient rares sur toute la hauteur du profil. les bactéries étaient surtout représentées par des colonies denses de petites coques. Les fungi étaient relativement très peu abondants.

Après incubation, des aliquotes de dilutions de chacun des horizons pour les différents objets furent ensemencées sur Na albuminate agar et Czapek agar pour obtenir une idée sur les variations de la microflore au cours de l'incubation. Comme il fallait s'y attendre, l'addition de cellulose avait amené une augmentation notable du nombre des fungi. Deux espèces prédominaient nettement : *Verticillium terrestre* (LINK) LINDAU et *Trichoderma glaucum* ABBOTT.

Ces espèces sont des représentants typiques de la microflore du sol et semblent très cosmopolites. *V. terrestre* a été trouvé au Canada (5), en Alaska (32), au Colorado (14), dans l'Iowa (1), en Louisiane (2) et dans le New Jersey (32), (31). *T. glaucum* a été signalé dans des sols du Canada (5), du Colorado (13), (14) et de l'Iowa (1).

Comme *T. glaucum* avait sporulé abondamment, les numérations n'avaient pas beaucoup de signification et ne sont pas reproduites ici.

II. - Les caractéristiques physiques au départ et leur évolution.

Le jour du prélèvement, les échantillons présentaient les caractéristiques physiques reprises dans le tableau suivant. Notons que le pH a été mesuré à l'électrode de verre et la mesure répétée trois fois : l'humidité h est rapportée au poids de terre sèche et constitue aussi la moyenne de trois mesures.

TABLEAU N° 1.

N°	pH	h
I	3.97	19.3 %
II	4.38	19.1 %
III	4.45	20.4 %
IV	4.36	20.4 %
V	4.44	19.3 %
VI	4.46	19.1 %
VII	4.45	18.5 %
VIII	4.58	18.8 %
IX	4.63	19.1 %

Après détermination de ces valeurs, chaque échantillon fut partagé en six séries : A, B, C, D, E, F. Comme il fut déjà mentionné plus haut.

1) Les neuf échantillons A furent mis à sécher à l'air :

Une fois secs, ils furent tamisés et les « unités structurales » (fraction fine < 0.297 mm) isolées.

Sur celles-ci on effectua les mesures de surfaces spécifiques (So), du contenu en colloïdes peptisés P,

TABLEAU N° 2.

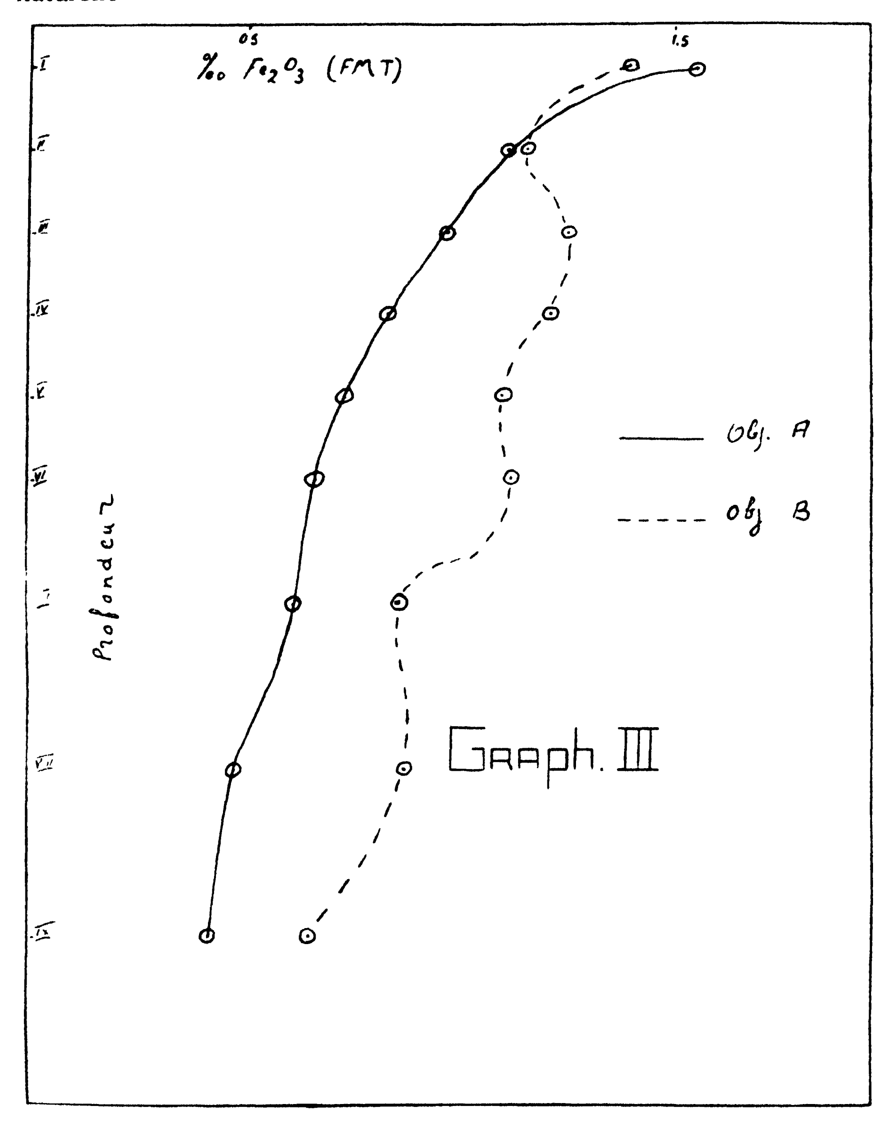
N°	P T · 100	[illegible]	h
I	61.8 %		3.50 %
II	81.6 %		3.25 %
III	81.4 %	31.3 (I–VI)	4.82 %
IV	80.7 %		5.80 %
V	81.5 %		5.02 %
VI	21.5 %		4.80 %
VII	—		5.45 %
VIII	—		4.63 %
IX	—		5.44 %

du contenu total en colloïdes (T) : par différence (T-P) on obtenait du même coup le contenu en colloïdes floculés et le rapport PT × 100

Comme nous connaissions les constantes K et k des échantillons étudiés (k = 84; K = — 978) il nous devenait possible de calculer le coefficient χ du profil choisi.

Le tableau n° 2 résume ces données : nous y avons joint l'eau hygroscopique (h').

Nous considérerons les valeurs P/T · 100 et χ, citées comme celles caractérisant les échantillons tels qu'ils étaient dans leur assise naturelle



2) Les neuf fractions B furent stérilisées pendant deux heures à 130°, puis mises à sécher à l'air et les mêmes opérations qui avaient été faites pour la série A furent répétées ici.

Ceci avait pour but de voir quelle influence pouvait avoir la stérilisation sur les constantes physiques.

Nous avons constaté que si le rapport 100 P/T était peu affecté, par contre, les surfaces spécifiques avaient varié d'une façon sensible mais sans suivre un mode régulier.

Il nous devenait impossible de calculer dès lors la constante pour cette série. Nous en voyons la cause dans un émiettement des agrégats provoqué par le chauffage brutal et élevé, consécutif à la stérilisation. On peut en constater l'effet dans la forte diminution des coefficients hygroscopiques reproduits dans le tableau suivant.

	h'
I	1.35 %
II	1 50 %
III	2.0 %
IV	1.95 %
V	1.8 %
VI	1.95 %
VII	1.75 %
VIII	1.75 %
IX	1.65 %

On comprend aisément que si les quantités d'eau, responsables des liaisons des micelles colloïdales, sont si modifiées, la structure des échantillons doit être profondément affectée.

Nous ne pouvions donc pas employer les mesures relatives à cette série B comme point de comparaison pour les autres séries soumises à l'action des microorganismes.

Ceci paraissait un handicap sérieux pour l'interprétation de nos résultats finaux. Cependant après réflexion, nous avons été amenés à reconnaître qu'il n'en serait rien

En effet, si les échantillons des séries C, D, E et F ont été soumis à la stérilisation avant l'ensemencement, ils n'ont pas été, par contre, séchés immédiatement à l'air après le chauffage, comme cela a été le cas pour nos échantillons B. Au contraire, ils furent réhumidifiés à des intervalles de temps réguliers pour maintenir une humidité optimale pour le développement des microorganismes.

Ce n'est qu'après deux mois d'incubation — et donc deux mois après la stérilisation — qu'ils furent soumis au séchage et aux déterminations subséquentes. Nous sommes convaincus que, de la sorte, l'action de la stérilisation a été effacée au point de vue structural, et que nous pouvons utiliser comme références les chiffres fournis par la série A.

3) Les neuf échantillons C furent ensemencés avec la microflore totale qui put se développer et exercer ses effets pendant deux mois.

De la même façon, les échantillons D, E et F furent ensemencés avec un *Penicillium* sp.

Après deux mois, les déterminations ont donné les valeurs de $P/T \times 100$ et de x reproduites dans le tableau suivant.

Nous avons repris celles du milieu de départ pour comparer.

TABLEAU N° 3.

N°	P/T × 100			x					
	A	C	D,E,F moy.	A	C	D	E	F	D,E,F moy.
I	61.8	97.5	100.0						
II	81.6	99.7	100.0						
III	81 4	100.0	100.0						
IV	80.7	96.0	93.8	31.3	33 7	34.3	33.9	34 0	34 1
V	81.5	99.2	97.0						
VI	21.5	99.7	96 4						
VII	—	40.7	34.5						
VIII	—	—	—						
IX	—	—	—						

Comparaison des données obtenues.

De l'examen du tableau précédent, se dégagent les faits suivants :

1) Le rapport $P/T \times 100$ a partout augmenté jusqu'à une valeur proche de 100 % pour les séries C, D, E, F, et pour les échantillons de I à VI.

2) L'échantillon VII, qui ne contenait pas de colloïdes peptisés au départ, en renferme actuellement une quantité assez considérable (entre 34 et 41 %).

3) Le coefficient λ a augmenté d'une quantité peu élevée mais quand même significative lorsqu'on veut considérer la bonne reproductibilité obtenue pour les traitements identiques D, E et F.

De ce qui précède, le fait le plus important est l'augmentation du rapport $P/T \times 100$ pour tous les échantillons compris de I à VII, mais le plus mystérieux est cet arrêt brusque que l'on constate aux échantillons VIII et IX où le contenu en peptisé est resté nul.

Cependant, ni le pH ni la quantité d'azote ne subissent de changements marqués en passant de l'échantillon VII à l'échantillon VIII.

Voici d'ailleurs le tableau des teneurs en azote dosées par le procédé Kjeldahl et exprimées en « pour mille » sur terre sèche :

I	0.92 °/oo
II	0.47 °/oo
III	0.40 °/oo
IV	0.39 °/oo
V	0.33 °/oo
VI	0.29 °/oo
VII	0.26 °/oo
VIII	0.24 °/oo
IX	0.17 °/oo

III. - Le fer mobile.

Rappelons que nous entendons par fer mobile, la partie du fer libre du sol, déplaçable par des ions complexants, tels que l'ion oxalate.

L'extraction se fait par percolation à vitesse constante, ce qui est nécessaire pour obtenir des résultats reproductibles.

Nous disposons de deux techniques :

1) Analyse de portions de liquide percolé, recueillies successivement. La représentation graphique : quantité déplacée/temps (numéro d'ordre de la portion analysée), nous renseigne sur la vitesse de déplacement du fer mobile.

2) Le fer mobile total : les graphiques : quantité/temps, laissent prévoir pour un sol donné le volume de liquide qui assurera un épuisement complet. La quantité de fer lessivée par un volume pareil est appelée fer mobile total (F.M.T.).

A) Nous allons d'abord comparer les objets A et B; le graphique III représente leur courbe : F.M.T./profondeur du profil.

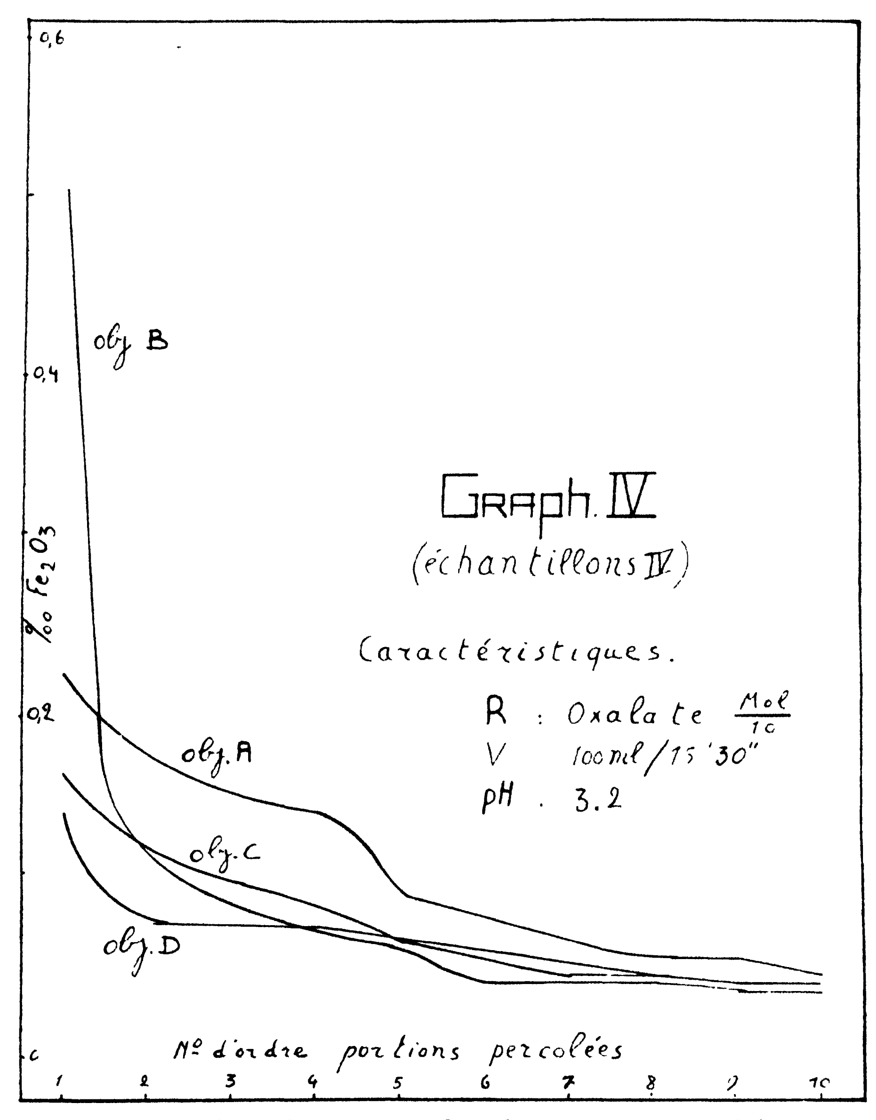
L'allure bien régulière du sol de l'objet A est profondément dérangée.

En plus, les quantités extraites sont plus grandes pour l'objet B. D'autre part, quand on compare les vitesses d'extraction, on constate que la stérilisation par la vapeur a augmenté la mobilité du fer. Voir graph. (4) (5).

En effet, les paliers caractéristiques qui apparaissent dans les zones de peptisation sont masqués en partie, et toutes les courbes prennent l'allure élancée que l'on ne trouve que dans la couche supérieure d'un profil non traité, et qui est caractéristique pour une grande mobilité.

B) Du point de vue fer mobile, le matériel de départ de cette expérience (terre stérilisée) était donc un milieu fortement différent d'une terre en son assise naturelle.

Comme nous le montrerons plus loin, après incubation les propriétés du fer mobile dans les objets stérilisés et réensemencés reviennent vers celles relevées dans l'objet A.

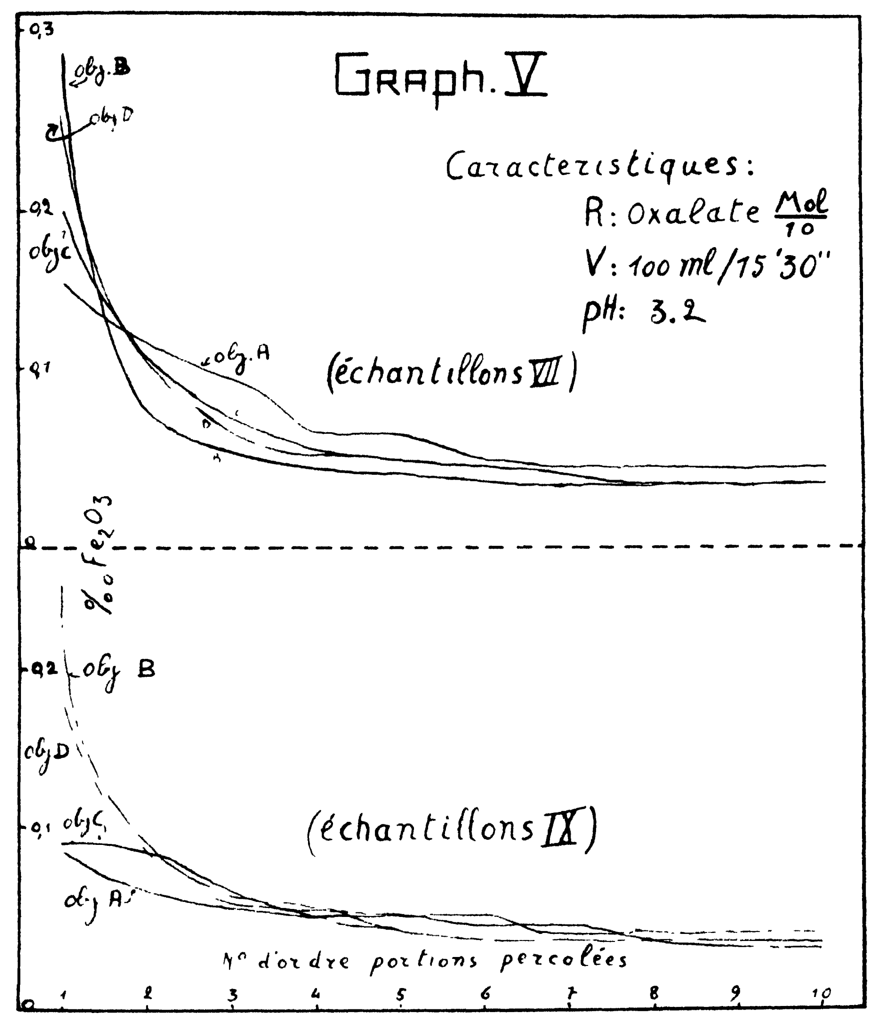


Il convient donc de comparer les objets traités avec l'objet A et non avec l'objet B. Quel est l'effet des microorganismes sur les terres de l'objet B? Comme il est illustré par les quelques graphiques ci-joints (graphiques IV et V), nous voyons que les propriétés du fer mobile dans les objets C et D :

1) se rapprochent de ceux de l'objet A.

2) que ce rapprochement est beaucoup plus marqué pour l'objet C (flore totale) que pour l'objet D (*Penicillium* sp.).

Il est regrettable que les dosages de F.M. dans les objets C et D fussent moins précis pour les premières portions de percolats extraits d'échantillons peptisés. Ceci entraîne une faute positive par la solu-



bilisation, pendant le traitement préliminaire, de l'hydroxyde de fer entourant les argiles.

Avec la solution, tamponnée à pH 3,2, il nous fut impossible d'obtenir des percolats clairs dès le début.

Il est permis d'imputer ce fait à des polysaccharides, produits à partir de la cellulose ajoutée (10, 12, 21). Ces corps, fortement hydratés, peuvent jouer le rôle de colloïde protecteur

Rappelons ici l'accroissement conséquent des taux de peptisation dans les couches peptisées, dont il a été fait mention dans le paragraphe précédent.

C) Le paragraphe précédent relate deux faits saillants se rapportant à l'état des colloïdes : la peptisation partielle de l'échantillon VII et la diminution du taux de peptisation au niveau IV (et parfois V).

En ce qui concerne l'échantillon VII, nous croyons que la peptisation est surtout due à des produits organiques.

Dans une terre normale, nous voyons apparaître une espèce de fer mobile, reconnaissable à un palier dans la courbe (le palier le plus élevé).

L'importance de ce palier est en général la plus grande aux niveaux où $\frac{P}{T} \times 100$ est le plus marqué : de cette coïncidence nous avons formulé l'hypothèse, non encore vérifiée, d'une corrélation entre les deux phénomènes.

Dans l'échantillon VII, objet A, le palier n'a pas encore entièrement disparu : de même, dans les objets C et D, le palier n'a pas encore acquis l'importance de celui de l'objet A. Il est donc difficile d'imputer la peptisation et, en général, le rehaussement de $\frac{P}{T} \times 100$ dans les profils C et D, uniquement à certains composés mobiles du fer : cette remarque porte d'ailleurs sur tous les échantillons peptisés des objets C et D.

Quant au cas des niveaux IV, au lieu d'être intermédiaires aux valeurs A et B, les valeurs F M de C et D sont inférieures même à A

Ceci décèle la formation de composés de fer très peu mobiles. aux dépens de la quantité importante de fer très mobile libérée par la stérilisation (voir graph. IV). Une précipitation d'hydroxyde de fer, par exemple, peut sensiblement diminuer la valeur $\frac{P}{T} \times 100$.

BIBLIOGRAPHIE

1. ABBOTT, E. V. — Taxonomic studies of soil fungi. Iowa State Coll. *Jour. Sci* 1, 15-36, 1926.
2. ABBOTT, E. V. — A study of the microbiological activities in some Louisiana soils : A preliminary survey. *Ia. Agr. Exp. Bul.* 194, 25 p., 1926.
3. ALDERFER, R. B. et MERKLE, F. G. — The measurement of structural stability and permeability and the influence of treatments upon these properties. *Soil Sci.* 51, 201-212, 1941.
4. ALLISON, L. E. — Effect of microorganisms on permeability of soil under prolonged submergence. *Soil Sci.* 63, 439-450, 1947.

5. BISBY, G. R., JAMES, M et TIMONIN, M. — Fungi isolated from Manitoba soils by the plate method. *Canadian Journ Res* (Sec C. Sci.), 13, 47-65, 1935.

6 BROWNING, G. M. — Changes in erodibility of Soils brought by application of organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 2, 85-96, 1936.

7. BROWNING, G. M. et MILAM, F. M. — The effect of different types of organic materials and lime on soil aggregation. *Soil Sci.* 57, 91-106, 1944.

8. DAWSON, R. C — Effect of crop residues on soil micropopulation, aggregation and fertility under Maryland conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10, 180, 1946.

9 D'HOORE et FRIPIAT. — Etude des variations structurales du sol à Yangambi, Congo Belge. Publications I.N.E.A.C. (à paraitre)

10. GEOGHEGAN, M. J. et BRIAN, R. C. — Influence of bacterial polysaccharides on aggregate formation in soils. *Nature*, 158, 837, 1946.

11. GELTSER, F. Yu. - What is humus. *Pedology*, 4, 52-61, 1940.

12. HAWORTH, W. W, PINKARD, F. W. et STACEY, M — Function of bacterial polysaccharides in te soil, 158, 836-837, 1946.

13. LE CLERG, E. L. — Distribution of certain fungi in Colorado soils. *Phytopathology*, 21, 1073-1081, 1931

14. LE CLERG, E L — Cultural studies of some soil fungi. *Mycologia*, 22, 186-210, 1930.

15. MCCALLA, T. M — Influence of biological products on soil structure and infiltration. *Soil Sci. Soc Amer. Proc* 7, 209-214, 1942

16. MCCALLA, T. M. — Influence of microorganisms and some organic substances on soil structure *Soil Sci.* 59, 287-297, 1945.

17. MCCALLA, T M — The influence of microorganisms and some organic substances on water percolation through a layer of Peorian loess. *Soil Sci. Soc Amer. Proc* 10, 175, 1946

18 MCHENRY, T. R. et RUSSEL, M. B — Microbial activity and aggregation of mixture of bentonite and sand *Soil Sci.* 57, 351-357, 1944

19 MARTIN, J. P et WAKSMAN, S. A — Influence et microorganisms on soil aggregation and erosion II. *Soil Sci* 52, 381-397, 1941

20 MARTIN, J P. et ANDERSON, D A. — Organic matter decomposition, mold flora and soil aggregation relationships. *Soil Sci Soc Amer. Proc* 7, 215-217, 1943.

21. MARTIN, J. P -- Microorganisms and soil aggregation I Origin and nature of some of the aggregating substances. *Soil Sci.* 59, 163-174, 1945.

22. MARTIN, J. P -- The effect of composts and compost material upon the aggregation of the silt and clay particles of Collington Sandy loam. *Soil Sci Soc Amer. Proc* 7, 218-222,1943.

23. MOLINA, J. S. et SPAINI, L. S. — Production de colloides en el proceso de la descomposicion aerobia de la cellulosa. Influencia de los mismos en el mejoramiento de la estrutura de suelos rojos de Misiones. *Ae. Argent. Agr.* 14, 20-32, 1947.

24. MYERS, H. E. et MCCALLA, T. M. — Changes in soil aggregation in relation to bacterial number, hydrogen ion concentration and length of time soil was kept moist. *Soil Sci.* 51, 189-200, 1941

25. NORMAN, A. G. — Recent advances in soil microbiology. *Soil Sci. Soc. Amér. Proc.* 11, 9-15, 1947.

26. PEELE, T. C. — Microbial activity in relation to soil aggregation. *Journ. Amer. Proc. Agron.* 32, 204-212, 1940.

27. PEELE, T. C. et BEALE, O. W. — Influence of microbial activity upon aggregation and erodibility of lateritic soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 5, 33-35, 1941.

28. PEELE, T. C. et BEALE, O. W. — Effect on runoff and erosion of improved aggregation resulting from the stimulation of microbial activity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 6, 176-182, 1942.

29. PHILLSBURG, A. F. et HUBERTY, M. R. — Infiltration rates in Yolo loam soil as affected by organic matter. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 39, 16-18, 1941.

30. SMITH, N. R. et DAWSON, V. T. — The bacteriostatic action of rose bengal in media used for plate counts of soil fungi. *Soil Sci.* 58, 467-471, 1944.

31. WAKSMAN, S. A. — Soil fungi and their activities. *Soil Sci.* 2, 103-156, 1916

32. WAKSMAN, S. A. — Is there any fungous flora of the Soil? *Soil Sci.* 2, 563-589, 1917.

33. WAKSMAN, S. A — A method for counting the number of fungi in the soil. *Journ. Bact.* 7, 339-341, 1922

34. WAKSMAN, S. A. — Microbial analysis of soil as an index of soil fertility. II. Methods of study of number of microorganisms in the soil. *Soil Sci.* 14, 283-298, 1922.

35. WAKSMAN, S. A. et MARTIN, J P. — The role of microorganisms in the conservation of the soil. *Science*, 90, 304, 1939.

36. WOODRUFF, C. M. — Variations in the state and stability of aggregation as a result of different methods of cropping *Soil Sci. Soc Amer. Proc.* 4, 13-18, 1940.

Note sur le comportement, vis-à-vis de l'eau, de quelques sols du Congo Belge

par

J. J FRIPIAT
Assistant à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C — Yangambi.

PLAN DE LA NOTE

A. — GENERALITES

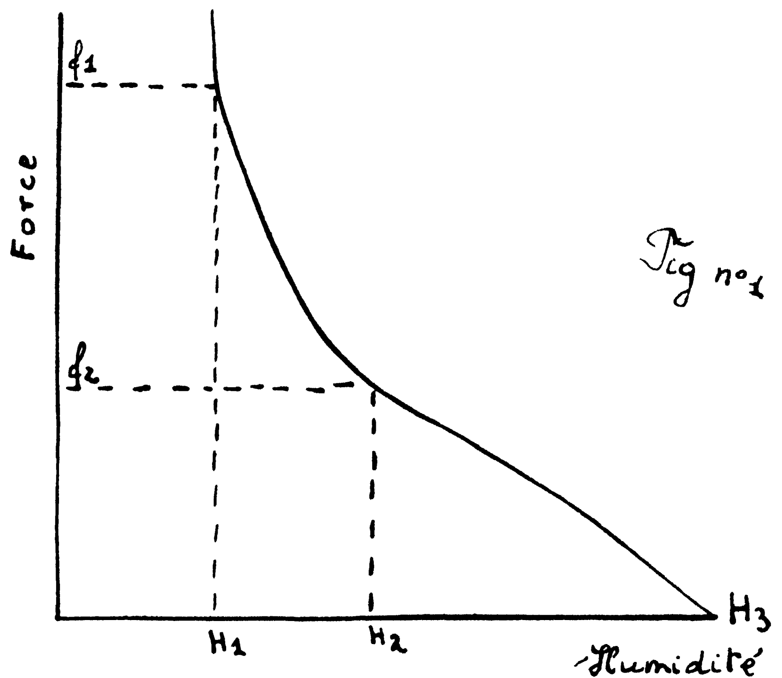
I. - Classification de l'eau du sol.

Différentes classifications de l'eau du sol ont été proposées : Briggs en 1897 (1) a été le premier à formuler le concept que l'eau existe principalement sous forme de films entourant les différentes particules constitutives du sol : particules élémentaires, microagrégats et macroagrégats. L'eau « de gravitation » qui se meut sous l'influence de la pesanteur et qui ne possède de ce fait qu'une existence éphémère dans le sol n'a qu'une importance secondaire.

Par la suite, on s'est attaché principalement à classer l'eau du sol suivant la nature et la grandeur des forces auxquelles elle est

soumise. Comme nous le verrons plus loin, la force varie avec l'humidité (*) H actuelle d'une terre appartenant à un type de sol donné suivant des courbes ayant sensiblement l'allure indiquée par la fig. 1.

Suivant le type de sol (nature des fractions colloïdales, composition granulométrique, structure) on assiste au déplacement de ces courbes dans l'échelle des humidités. Aux différentes forces correspondent divers points d'équilibre : à une force f_1 correspond l'humidité H_1; à une force f_2, H_2, à f 0, H_3, etc. On a choisi des valeurs « f » ayant des significations particulières et les humidités correspondantes sont appelées les humidités d'équilibre. Parmi celles-ci, citons :



1° *Le coefficient hygroscopique :*

Il représente la quantité de vapeur d'eau absorbée par une terre placée dans une atmosphère d'humidité donnée.

Cette atmosphère est généralement réglée par des mélanges en proportions variables d'H_2SO_4 et d'H_2O.

Suivant la grandeur de la tension de vapeur d'eau existant dans le système, la force d'équilibre est plus ou moins forte.

2° *Le point de flétrissement :*

C'est le point minimum en dessous duquel une plante poussant sur la terre examinée se fane. D'après BRIGGS et SHANTZ (2), la force

(*) *Humidité* : Nous entendons toujours par ce terme la quantité en poids rapportée au poids de terre sèche.

correspondante à cette humidité varie peu de plante à plante, du moins pour toute une série de végétaux des régions tempérées qu'ils ont examinés.

Evidemment, suivant la position de la courbe « force de rétention/humidité » du sol examiné, les humidités correspondantes à cette force peuvent être fortement décelées.

3° « *Field capacity* » (*)

Ce point a été défini par VEIHMEYER et HENDRICKSON (3) comme la quantité d'eau retenue par le sol après que l'excès d'eau de gravitation a été drainé.

4° *L'humidité équivalente :*

C'est la quantité d'eau retenue par un sol soumis à une réaction centrifuge de 1000 g (où g est l'accélération due à la pesanteur).

5° *La capacité maximale de rétention :*

On peut considérer que ce point correspond sensiblement à la quantité d'eau présente dans le sol lorsque la force tend vers zéro.

II. - Les forces et l'énergie de rétention.

BUCKINGHAM (4) a défini comme « potentiel capillaire » (ψ) le potentiel qui règle l'attraction du sol pour l'eau. Pour le mesurer, Buckingham remplissait de terre séchée un long tube et portait une de ses extrémités au contact d'un niveau d'eau : le liquide montait par capillarité et le potentiel à l'équilibre pouvait être considéré comme

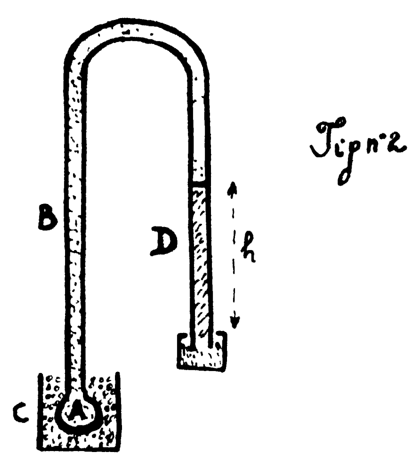
$$\psi = gh \qquad (1)$$

où h est la hauteur au-dessus du niveau d'eau atteinte par le ménisque humide. La méthode est discutable, car il existe dans le tube un gradient d'humidité qu'il n'est pas aisé de mesurer et qui d'ailleurs peut altérer le mécanisme de l'ascension par suite de la valeur élevée qu'il possède au voisinage du contact avec le niveau d'eau libre.

Par la suite, différents chercheurs se sont attachés à tourner les difficultés que l'expérience de Buckingham présentait : la méthode le plus couramment utilisée à l'heure actuelle est celle faisant usage du « tensiomètre ». Le principe de l'appareil est très simple (voir fig. 2). On met au contact d'une terre C d'une humidité connue un vase poreux A rempli d'eau. Ce vase est relié à un manomètre à mercure D par l'intermédiaire d'un tube en « U » rempli d'eau également. La terre aspire une certaine quantité d'eau du vase poreux jusqu'au moment où le poids de la colonne de mercure s'élevant en D équilibre la force de succion exercée par la terre : le potentiel ψ est mesuré pour la hauteur d'ascension de la colonne de mercure. Comme la quantité d'eau débitée est très petite et comme elle se répartit sur la surface relativement grande de tout le vase, on peut considérer le

(*) Nous éprouvons des difficultés à traduire ce terme sans lui enlever son caractère imagé

gradient d'humidité comme négligeable et rapporter ψ à l'humidité initiale de l'échantillon étudié. Une réserve doit cependant être faite et pour en saisir la portée nous écrirons l'équation thermodynamique de l'appareil de la figure 2.



L'équilibre est atteint lorsque les potentiels thermodynamiques de l'eau dans le tube poreux et dans la terre sont égaux. Comme le mécanisme se passe à température constante on peut écrire :

$$G_1 = G_2 \quad (*) \qquad (2)$$

où G est le potentiel thermodynamique. Si V est le volume molaire partiel, μ le potentiel molaire partiel, N le nombre de moles et P la pression, le chiffre 1 étant réservé au système « vase poreux », le chiffre 2 au système « terre », il vient en supposant que $V_1 = V_2 = V$ et que $\mu_1 = o$:

$$G_2 = V\ (P_2 - P_1) + N_2\mu_1 \qquad (3)$$

On voit que G_2 s'identifie avec ψ si le potentiel molaire partiel de l'eau du sol est nul, c'est-à-dire si les substances solubles contenues dans la terre sont en concentrations faibles, autrement dit si la pression osmotique de l'eau absorbée par le sol est nulle.

C'est la condition restrictive à l'emploi du tensiomètre pour mesurer le potentiel capillaire du sol. Généralement on le néglige : nous pensons qu'en ce qui concerne nos sols, les faibles quantités de substances solubles présentes permettent cette approximation. Il serait intéressant cependant de refaire pour nos sols les expériences de Bodman et Day (5) pour apprécier la contribution de la pression osmotique à la tension totale.

Il est évident d'autre part que le tensiomètre ne permet l'établissement de la courbe force de rétention/humidité que dans un domaine donné et pour ψ compris entre zéro et une atmosphère.

Au-delà ($\psi > 1$ atmosphère) d'autres méthodes doivent être appliquées telles que la centrifugation ou l'hygroscopicité.

(*) G est l'enthalpie libre : H — TS

Nous nous limiterons dans cette note à l'étude des forces dans le domaine d'utilisation du tensiomètre.

Le pF.

SCHOFIELD (6) a introduit cette dénomination pour désigner le logarithme de ψ exprimé en centimètres d'eau.

$$pF = \log \psi \qquad (4)$$

Ce symbole a le mérite de simplifier les écritures et de supprimer le mot « capillaire » qui peut prêter à confusion. A ce point de vue, les diverses humidités d'équilibre dont nous avons rappelé la définition au § 1er correspondent aux pF suivants :

1° Coefficient hygroscopique : suivant le mélange séchant étudié, on a :

mélange :	3.3 %	H_2SO_4 :	pF 4.5
»	10 —%	»	pF 5.—
»	30 —%	»	pF 5.6
»	47.—%	»	pF 6.0

Voir BAVER (10).

2° Le point de flétrissement est généralement situé à pF = 4,2.

3° L'humidité équivalente correspond à pF = 3.—

4° SCHOFIELD a suggéré, et plusieurs chercheurs ont repris l'idée, que la « field capacity » correspondrait sensiblement à l'humidité équivalente. Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

B. — RECHERCHES EFFECTUEES A YANGAMBI

Nous diviserons l'étude en deux : la première partie décrira les résultats obtenus au laboratoire et la seconde les mesures orientatives effectuées sur le champ ainsi que les applications qui en ont été tirées.

1re PARTIE. — AU LABORATOIRE.

I. - Technique des mesures au laboratoire.

On comprendra aisément que l'appareil schématique décrit par la fig. 2 présente certains inconvénients pour une étude précise que l'on veut effectuer au laboratoire. Les différents chercheurs qui ont étudié la question ont d'ailleurs apporté des modifications en vue de rendre son emploi plus pratique. Pour notre part, nous avons construit l'appareil représenté par la fig. 3 (en état de fonctionnement).

A) est une boule en porcelaine poreuse; nous avons utilisé celles fabriquées par LIVINGSTON pour ses atmomètres* : elles se sont révélées d'un emploi très pratique et leur construction est telle que le film d'eau extérieur supporte aisément une pression proche d'une atmosphère sans se rompre : leur diamètre est de 5 cm.

(*) On peut se les procurer chez B. E Livingston, Riderwoor (Maryland). Spécification . « Standardized white atmometer spheres ».

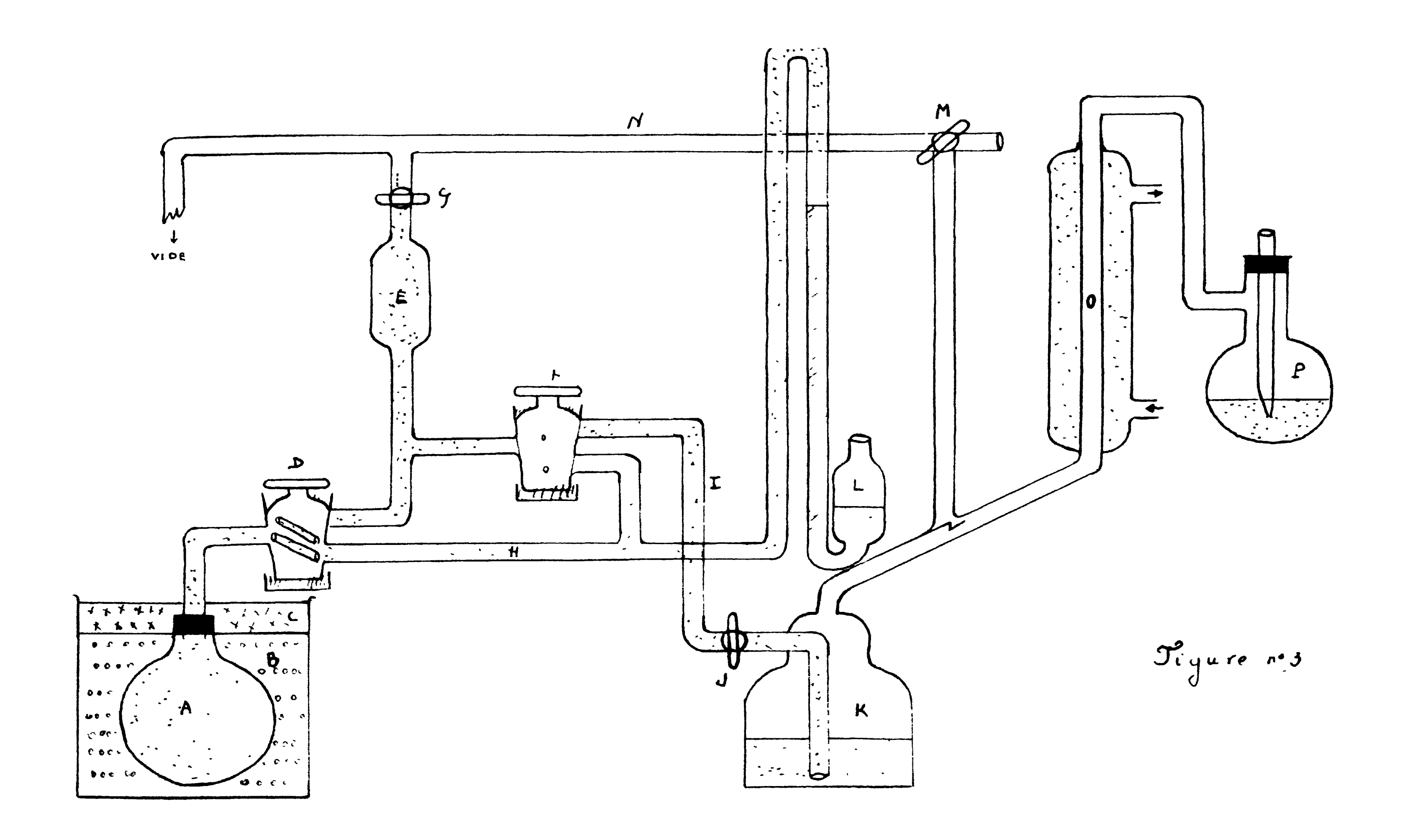


Figure n°3

B) est l'échantillon d'humidité connue contenu dans un vase de Berlin assez grand pour que les parois de verre soient situées à une distance supérieure à 2,5 cm de la boule.

C) est une couche de sable *grossier* qui prévient d'une façon efficace l'évaporation de l'échantillon au cours de la mesure.

D) et F) sont des robinets à double voie.

L) est le manomètre à mercure.

Le dispositif constitué par le ballon P, le réfrigérant O et le récipient à col rodé K, permet d'accumuler de l'eau distillée sous vide dans ce dernier.

Par les robinets J. et F, on peut refouler cette eau vers le récipient E d'où elle peut être distribuée vers le manomètre L et vers la boule A quand la mesure est finie. L'emploi de cette eau est indispensable si l'on veut mesurer des pF proches de 3 : c'est-à-dire des différences de pression proches d'une atmosphère; sinon, on assiste à un dégazement du liquide et à la formation de bulles d'air dans l'appareil, ce qui rend les résultats aléatoires.

N est la canalisation à vide et M un robinet permettant la rèntree de l'air dans l'appareil.

La présentation des échantillons s'effectue de la façon suivante : la terre récoltée est mise à sécher à l'air, ensuite elle est passée au tamis de deux mm. Elle est portée dans un grand Buchner et surmontée d'un papier filtre puis d'une couche de sable (1 cm). L'eau est ajoutée par petites fractions tandis que le Buchner est soumis à un vide léger (5 cm de H_2O) : lorsque la première goutte percole, on laisse ressuyer et l'on met la terre en dépôt dans un grand vase en verre possédant un couvercle rodé. Ceci lui permet de garder une humidité sensiblement constante.

Ce procédé n'altère pas la structure naturelle de l'échantillon : au fur et à mesure des besoins, on sort la quantité de terre suffisante pour faire une mesure et on la met sécher à l'air jusqu'au moment où on estime l'humidité propice.

On l'introduit dans le Berlin B : on effectue un léger tassement et on ouvre immédiatement le robinet D.

On prélève une quantité de terre pour mesurer l'humidité suivant le procédé classique : dessiccation dans une étuve à air réglée à 105° pendant 24 heures.

Il est à noter que, dans l'intervalle de deux mesures, la boule A est plongée dans un Berlin rempli d'eau distillée bouillie, et dégazée sous vide. Il importe également de nettoyer soigneusement la boule après chaque mesure : nous la frottons avec du papier filtre et la soumettons à un jet de pissette.

La durée d'une mesure est variable : le temps après lequel l'équilibre est établi dépend de facteurs multiples : dimensions des pores,

humidité initiale, etc. : nous pouvons dire approximativement que nos mesures n'ont jamais duré plus de 18 heures.

II. - Description des échantillons déjà étudiés.

Nous avons étudié quatre échantillons dont voici la provenance et l'aspect morphologique :

Ech. n° 1 : Sol superficiel (de 0.10 cm) humifère renfermant assez bien de matières organiques non décomposées. Situé dans une pépinière « Elaeis » à *Yangambi.*

Ech. n° 2 : Sol superficiel de 0.10 cm ocre jaune, humifère. Situation *Idem.*

Ech. n° 3 : Situé entre 30-40 cm de profondeur.

Terre ocre jaune sous forêt à dominance de « Scorodophleus Zenkeri Harms » à *Yangambi.*

Ech. n° 4 : Situé entre 80 et 120 cm de profondeur. Terre rouge latéritique du Lomami à Kaniama. Cet échantillon nous a été fourni par M. FOCAN, Chef de la Mission Pédo-Botanique du Lomami.

Caractérisation analytique de ces terres.

Analyses	Echant. n° 1 %	Echant n° 2 %	Echant. n° 3 %	Echant n° 4 %	N° de l'analyse
Analyse mécanique· a) Méth Internationale.					
Argile + limon	28.6	34 7	35.5	67.3	1
Sable fin . . .	17.4	15.6	14.5	16 1	
Sable gros . .	54.0	49.7	50.0	16.5	
b) Méthode D. F.					
Colloïdes totaux .	18.4	14.0	23.7	28 5	2
Colloïdes peptisés	15.0	11 0	20.2	0.0	
Matière organique . .	2.0	1.2	0.3	0.8	3
Eau hygroscopique . .	4.9	—	2.1	14.9	4
Perte à la calcination .	12.6	14 2	8.1	26.8	5
F^2O^3	—	3.8	2 4	8.2	6

Signification des analyses :

(*) *Analyse 1 :* est la méthode internationale classique utilisant la sédimentation dans le cylindre d'Atterberg. L'argile et le limon sont réunis car ce dernier est en très faible proportion dans nos sols.

(*) Nous devons les chiffres des analyses 1 à 3 à M. KUCZAROW, Assistant à la Division d'Agrologie, directeur du laboratoire de pédologie de l'Inéac, et des analyses 2 à 6 à notre collègue D'HOORE.

(*) *Analyse 2 :* est la méthode D'HOORE-FRIPIAT dont le principe et la technique ont été exposés dans une publication antérieure (7).

Les colloïdes totaux sont ceux liés réversiblement par une liaison « eau » : les colloïdes peptisés doivent leur stabilité à des causes exposées dans la note citée.

(*) *Analyse 3 :* la matière organique est dosée par la méthode classique de WALKEY et BLACK.

Analyse 4 : représente l'eau hygroscopique de l'échantillon en équilibre avec une atmosphère dont le degré de saturation est d'environ 94 %, ce qui représente sensiblement un pF de 5.

Analyse 5 : perte à la calcination mesurée de la façon classique.

(*) *Analyse 6 :* dosage du fer libre : méthode de JEFFRIES (**).

Solubilisation par H_2Ox et hydrogène naissant.

Les sols étudiés sont de deux types bien distincts : un sol rouge provenant de Kaniama au Lomami où la quantité d'éléments fins est très grande et qui est issu d'une argile latéritique à horizon illuvial net à 4 m 50 et un sol moyen jaune de Yangambi (Ech. n° 3) sableux et non latérisé. Ces deux sols représentent deux extrêmes. Pour Yangambi, à l'aide des échantillons n° 1 et 2, nous avons examiné l'influence de la matière organique sur un sol ayant sensiblement la même composition que l'éch. n° 3 (Ech. n° 2) ou plus léger (Ech. n° 1).

III. - Résultats.

Voici les résultats obtenus : H représente l'humidité en pourcent de terre sèche; Ts : la tension d'équilibre en cm de mercure; ψ le potentiel capillaire en cm. d'eau qui est converti dans la colonne suivante en pF.

A l'aide des chiffres du tableau ci-contre, nous avons tracé les graphiques 1 et 2 donnant respectivement les potentiels capillaires en cm de mercure et les pF en fonction des humidités.

En examinant le graphique n° 1, on peut faire différentes constatations :

1° — La différence entre le sol rouge latéritique du Lomami (Ech. n° 4) et le sol jaune de Yangambi (Ech. n° 3) est frappante : elle illustre parfaitement notre énoncé à savoir qu'il est vain de parler de l'humidité d'un sol si la courbe des forces de succion n'est pas connue.

Le sol n° 4 possède un potentiel capillaire de 70 cm de mercure (soit 9,50 m d'eau) pour une humidité de 16.5 %, tandis que le sol

---

(**) JEFFRIES, C. D. — *A method of preparing soils for petrographic Analysis.* Soil. Sci. 52 (451-455). Voir *Les composés du fer dans le sol,* par J. L. D'Hoore.

N° de l'échantillon	H %	Ts	Ψ	pF	Observations
Ech. n° 1	9.81	23.48	319.3	2.504	
	10.32	38.61	525.1	2.720	
	11.10	7.13	97.0	1.987	
	11.30	5.54	75.3	1.877	
	13.04	4.53	61.6	1 789	
	18.30	1.92	26.1	1.417	
Ech. n° 2	9.77	53.36	725.7	2.861	
	11.43	27.16	369.4	2.567	Point d'hystérèse (*)
	12.78	7.08	96.3	1.984	
	13.17	6.44	87.6	1,942	
	15.62	4.79	65.1	1.814	
	16.46	4.47	60.8	1.784	
	16.83	4.26	57.9	1.763	
Ech. n° 3	9.20	59 37	807.3	2.907	
	11.35	47.87	650.9	2.813	
	12.38	21.78	296.2	2 472	
	17.30	4 62	62.8	1.798	
	19.35	1.92	26.1	1 417	
Ech. n° 4	17.92	62.35	848 0	2 928	
	22.00	30 46	414.1	2.617	
	24.63	18.16	247.0	2.393	
	28.10	4.74	64 4	1.809	
	28.95	3 41	46 4	1 666	

n° 3 présente le même potentiel pour une humidité de 8,3 %. Au Lomami, M. FOCAN, chef de la Mission Pédo-Botanique, a constaté que les jeunes caféiers dépérissaient alors que l'humidité du sol était de 20,5 %. Ceci correspond à une valeur du potentiel de 42 cm de mercure.

Pour Yangambi, toutes les autres conditions restant égales, on devrait assister au même phénomène à 11 % d'humidité.

A titre d'indications nous donnons dans le graphique n° 3 la variation de l'humidité au sol au cours d'une partie de l'année pour un sol moyen de Yangambi et du Lomami à 30 cm de profondeur (*). Elles ne constituent que des moyennes orientatives mais en les combinant avec celles du graphique n° 1 on peut voir l'allure de la force de succion du sol au cours de l'année. Nous nous proposons à Yangambi d'établir systématiquement pour les grands types de sols du Congo Belge des courbes similaires car elles peuvent donner des renseignements agronomiques de la première importance comme le montre l'exemple cité plus haut.

(*) Par point d'hystérèse, nous entendons une expérience où la terre a subi le cycle d'humidification au lieu de celui du désséchement : il est bien connu que les deux courbes des forces de succion en fonction des humidités diffèrent : voir Baver (10).

(*) Voir de MM. FOCAN et MULLENDERS : *Notice provisoire pour la carte pédologique et phytosociologique de la région de Kaniama.*

Graphique n° 1

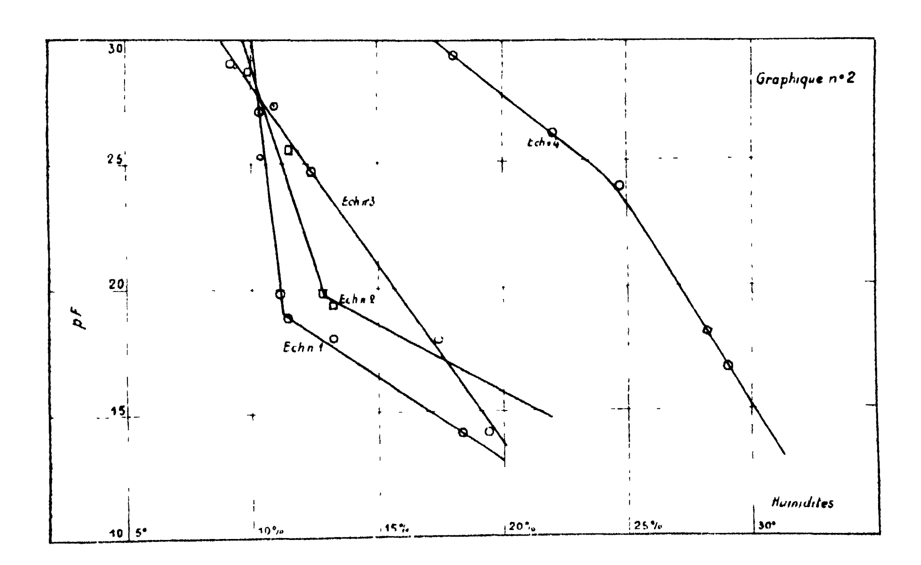
Potentiel capillaire en cm de Hg

70
60
50
40
30
20
10

0% 5% 10% 15% 20% 25% 30% 35%

Ech n° 1
Ech n° 2
Ech n° 3
Ech n 4

Humidites

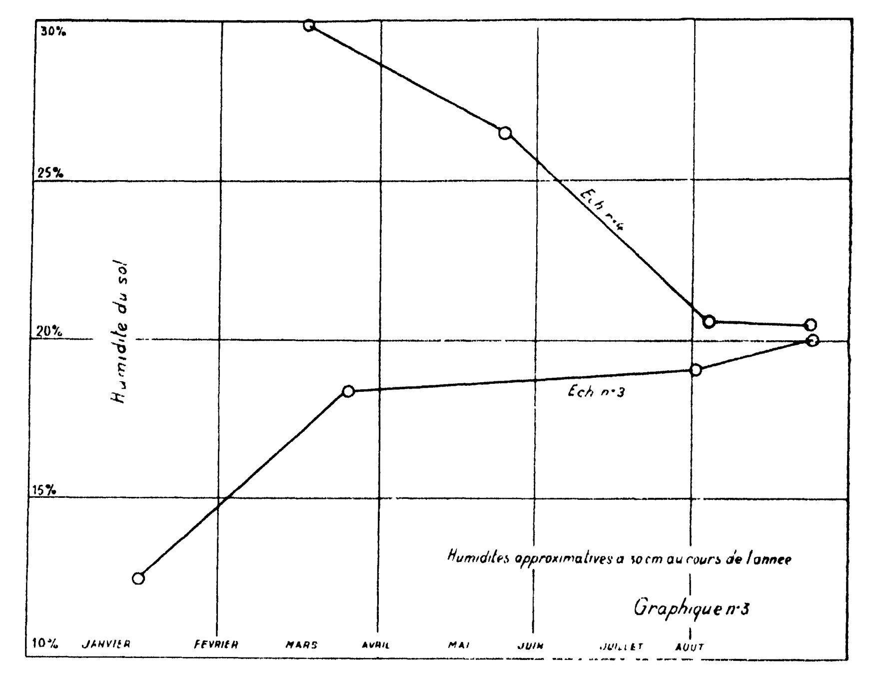


2° — Si nous comparons les courbes relatives aux échantillons n° 1, n° 2 et n° 3, nous constatons l'effet des matières organiques renfermées dans les couches superficielles.

a) la capacité maximale (c'est-à-dire l'humidité pour laquelle la force de rétention s'annule) est plus élevée.

Bien que les échantillons 2 et 3 aient sensiblement la même composition granulométrique, on voit que la capacité maximale de rétention de l'éch. n° 2 est environ de 2 % plus élevée que celle de l'éch. n° 3.

b) Pour les échantillons n° 1 et n° 2, les forces de rétention sont moins élevées que celles mercurées pour l'échantillon n° 3 jusqu'à une



humidité de 10 % environ; mais l'inflexion est plus forte lorsque l'humidité décroît au-delà de cette valeur.

Au point de vue de l'économie de l'eau, la matière organique a donc un effet certainement bienfaisant qui peut être mesuré par des courbes de ce genre; mais dans des terres traitées de cette façon, une sécheresse *brusque* peut avoir un effet désastreux. Nous ne sommes pas les premiers à constater ces deux effets : L. A. RICHARDS et O. E. NEAL ont fait la même remarque (8).

En examinant le graphique (2) on peut faire quelques constatations d'ordre plus théorique.

1° Généralement au-delà d'un certain pourcentage d'humidité le pF varie linéairement : pour l'éch. n° 1, c'est à partir de 11.5 %, pour l'éch. n° 2 à partir de 13 %; pour l'éch. n° 4 à partir de 25 %.

2° Pour l'échantillon n° 3, le pF varie linéairement avec l'humidité dans toute la région explorée.

RUSSELL et RICHARDS (9) ont constaté cette linéarité pour certains sols qu'ils ont étudiés.

Pour les sols de Yangambi, nous pouvons faire une remarque assez curieuse. On voit, d'après le graphique n° 2, que l'humidité d'équilibre pour pF = 3 est d'environ 9 % : cette valeur doit donc être sensiblement celle de l'humidité équivalente telle qu'elle a été définie précédemment.

Or, NEYBERG (*) a fait quelques mesures de « Field capacity » à Yangambi et a situé ce point aux environs de 18.5 % pour l'échantillon de 30 cm de profondeur (donc comparable à notre échantillon n° 3). Il semble donc qu'il faut en conclure que pour les sols de Yangambi, contrairement à ce que l'on constate dans les régions tempérées, la « field capacity » est nettement différent de l'humidité équivalente et qu'il lui est fort supérieur.

T. J. MARSHALL (11) fait une remarque similaire pour des sols sableux d'Australie

2me PARTIE. — SUR LE CHAMP.

Nous avons établi, à titre orientatif, un tensiomètre simple à 30 cm de profondeur dans l'interligne d'un champ de jeunes hévéas de 5 ans, sous couvert *très léger* de graminées. A proximité immédiate et en plein découvert, un pluviomètre permet de mesurer les précipitations.

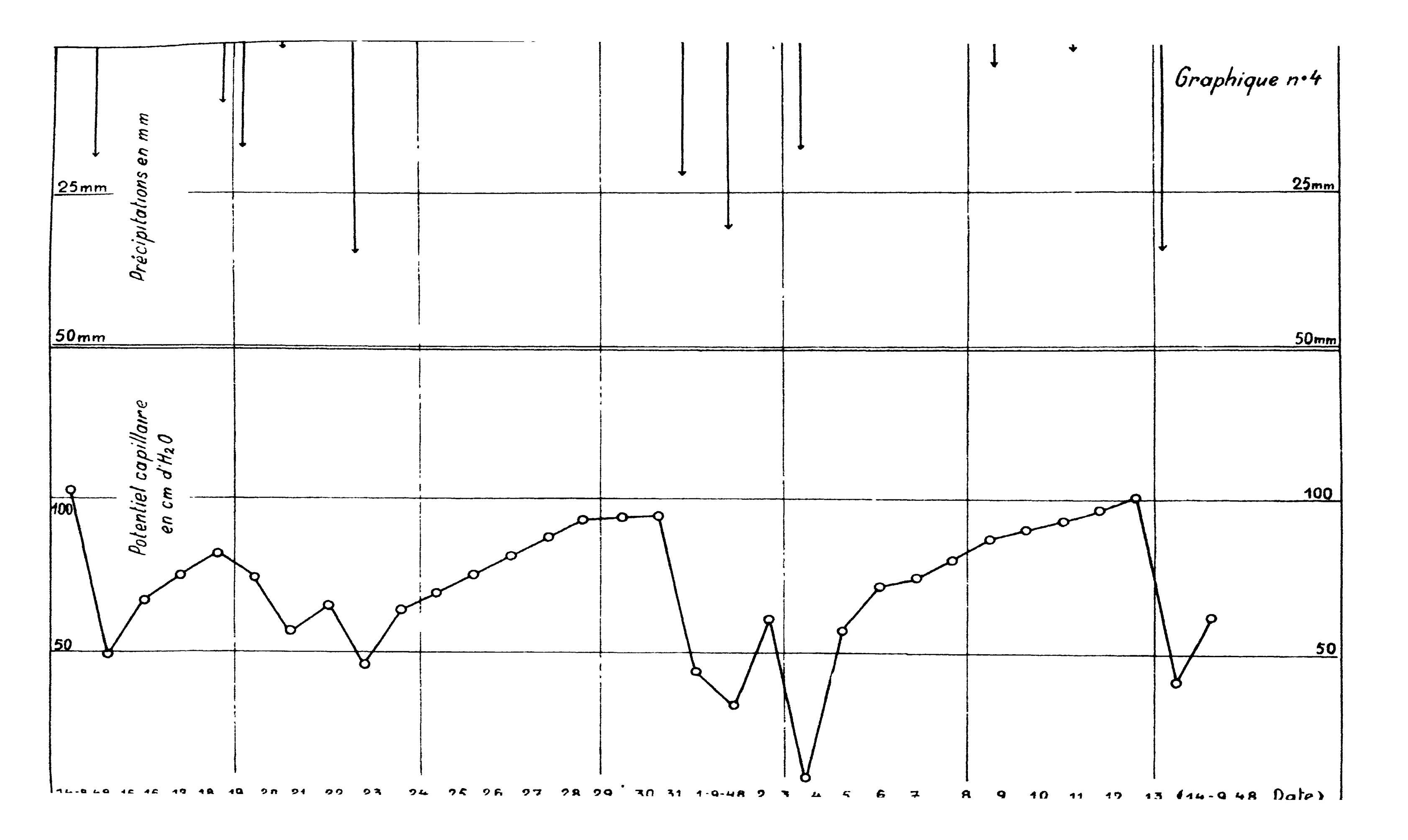
I. - Technique expérimentale.

L'appareil utilisé est représenté par la figure 4. La sphère poreuse est la même que dans l'appareil qui nous sert au laboratoire. Le robinet A est à simple voie et le robinet B à double voie.

Les parties C et D sont des tuyaux en caoutchouc, obturés par de petites baguettes de verre. Ce dispositif permet de faire sortir de l'appareil les bulles d'air qui pourraient éventuellement y rentrer. Nous devons faire remarquer cependant que ce phénomène ne s'est pas encore produit depuis deux mois que l'appareil est installé. Pour mettre celui-ci en place, nous avons opéré de la façon suivante : à l'aide d'une sonde ayant un diamètre égal à celui de la sphère, une carotte de terre de 30 cm a été enlevée et la boule glissée dans le trou qui a été refermé au moyen de la carotte de terre. Cette façon de procéder affecte peu la structure du sol.

L'appareil est lu trois fois par jour : à 6 h. 30, 11 h. et 15 h. Le pluviomètre est relevé tous les jours.

(*) Ancien Assistant à la Division d'Agrologie de l'Inéac : données non publiées.



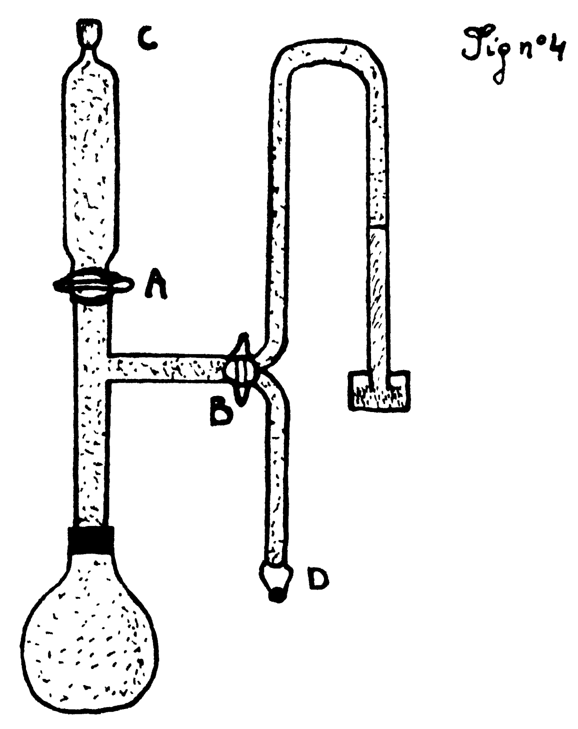
Graphique n°4
Précipitations en mm
25mm
50mm
Potentiel capillaire en cm d'H_2O
100
50
15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1-9-48 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 (14-9-48 Date)

II. - Résultats.

Le graphique n° 4 donne les résultats d'un mois d'observation. Nous y faisons figurer en abscisse les jours et en ordonnée le potentiel capillaire en cm. d'eau et les précipitations en mm. La concordance qui existe entre les deux mesures est frappante.

Au point de vue pratique, le dispositif expérimental réalisé permet une application du plus grand intérêt

Comme l'ont suggéré RICHARDS et ses collaborateurs, on peut utiliser les courbes de pF pour mesurer d'une façon continue l'humidité du sol à la profondeur où est placé l'appareil. Il suffit pour cela de tracer la courbe potentiel capillaire/humidité de la terre en question.



Nous avons tracé cette courbe au laboratoire pour un échantillon moyen prélevé à proximité de l'appareil : donc à chaque potentiel capillaire mesuré sur le champ, nous pouvons dorénavant fixer l'humidité correspondante. L'appareil fournit dès lors un enregistrement continuel de l'humidité.

Le graphique n° 5 donne la courbe d'étalonnage utilisée. On pouvait se demander si les humidités qu'elle indiquait correspondaient aux humidités du sol en place. Pour vérifier ce fait, à des intervalles de temps déterminés, des échantillons furent prélevés à proximité de l'appareil et l'humidité mesurée : à part les erreurs dues à l'hétérogénéité du terrain, les indications de l'appareil étaient exactes.

III. - Etablissement du bilan d'eau.

Possédant d'une façon continue les humidités du sol ainsi que les précipitations, il est possible, grâce à certains artifices, d'établir le bilan d'eau tel qu'il se présente pour l'horizon de 30 cm dans la parcelle étudiée. Soit un prisme de terre en place ayant 1 m^2 de surface et 0.3 m de hauteur. Le volume est de 0.3 m^3. Dans ce volume, excepté pour les 2 à 3 premiers cm proches de la surface, la densité apparente est sensiblement constante et égale à 1,5 : le poids de terre sèche dans le volume considéré sera donc de 450 kg. Supposons que nous répartissions sur la surface supérieure du sol une certaine quantité d'eau; elle s'enfonce progressivement et finit par imbiber d'une façon sensiblement homogène toute la terre contenue dans un volume déterminé; on peut s'en assurer en mesurant les humidités des différents horizons d'un profil après une pluie : les chiffres obtenus diffèrent peu. L'eau en s'enfonçant dans le sol vient occuper les espaces vides des pores. L'humidité acquise de cette façon peut se mesurer en rapportant la quantité d'eau totale préalablement déposée sur la surface au poids total de terre sèche contenu dans le volume considéré. On trouve aisément que son humidité augmentera de 1 % si la hauteur de la nappe d'eau est de 4.5 mm.

Ce raisonnement ne constitue évidemment qu'une approximation, mais nous pensons que les moyens détournés que l'on utilise généralement pour mesurer le bilan d'eau comportent des imprécisions qui sont bien plus graves que celles que nous pourrions commettre. Si nous désignons par Δ A la quantité d'eau exprimée en mm, et par Δ H la variation d'humidité en pour-cents, nous aurons :

$$\Delta A = 4.5 \Delta H.$$

A partir des variations d'humidités mesurées grâce à la courbe des potentiels capillaires (graph. n° 4) et la courbe d'étalonnage (graph. n° 5) on peut donc calculer :

1° la quantité d'eau A (en mm) réellement absorbée par la terre (à 30 cm) lors d'une pluie de valeur P (en mm).

2° la différence P — A, exprimant une quantité d'eau qui aura eu une des destinations suivantes :

a) elle aura percolé : π

b) elle aura été réévaporée : E

c) elle aura percolé et été réévaporée $\pi + E$

Sur la parcelle où l'appareil a été installé, le ruissellement est négligeable. Nous avons adopté les critères suivants :

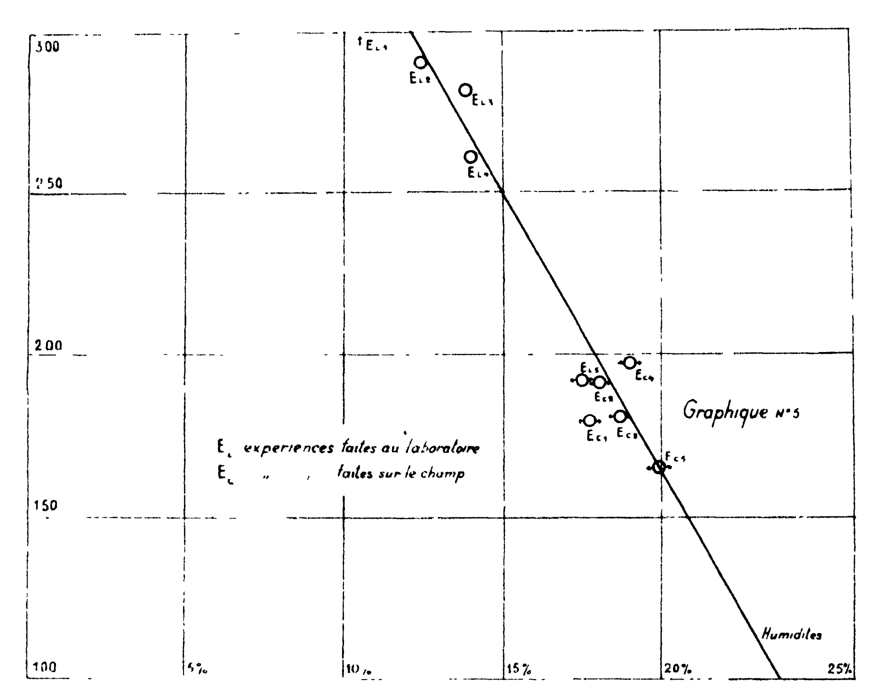
a) Si une pluie tombe de la journée en affectant l'humidité de l'horizon étudié, nous dirons que : $P - A = \pi + E$.

b) Si une pluie tombe de la journée sans influencer l'humidité : $P - A = E$.

c) Si une pluie tombe de la nuit, nous poserons que l'évaporation est nulle et que par conséquent : $P - A = \pi$.

3° Le coefficient d'efficacité de la pluie exprimé en pourcents et égal à $100 \dfrac{A}{P}$ est la quantité d'eau réellement absorbée rapportée à la quantité tombée.

Lors d'une période où les précipitations sont nulles, le sol se dessèche, soit par drainage, soit par évaporation ou par utilisation de l'eau du sol par les végétaux; on peut mesurer grâce aux mêmes graphiques la quantité d'eau (A) qui quitte le sol au cours d'une période



sèche donnée par une des trois voies indiquées. La différence $A - Q$ au cours d'un certain laps de temps est le terme du bilan d'eau qui indique l'enrichissement en eau de l'horizon $(A - Q > O)$ ou son appauvrissement $(A - P < O)$.

Avec l'appareil orientatif utilisé, nous avons calculé de cette façon deux bilans d'eau relatifs chacun à une durée de quinze jours du 15-8-48 au 31-8-48 et du 1-9-48 au 14-9-48, condensés dans les deux tableaux suivants.

On voit :

1° que l'efficacité des pluies à 30 cm de profondeur sur un terrain relativement découvert est située un peu en deçà de 50 % pour la période étudiée.

Bilan pour la quinzaine du 15-8 au 31-8-1948.

Date	P	A	π	π + E	E	Q	A %	π %	π + E %	E %	A — Q
15	18.3	14.17	4.13				77.4	22 6			
16											
17											
18	10.6				10.6	9.60				100.0	
19	18.2										
20	1.8	6.97		13.03			38.7		72.3		
21						3.24					
22	35.4	6.52	28.88				18.4	81 6			
23											
24											
25											
26											
27											Bilan de
28											la quin-
29											zaine
30						13.95					+ 14.37
31	22.4	18 9	3.50			5.40	84.4	15 6			à reporter
	106.7	46.56	36.5	13.03	10.6	32.19	43 6	34.2	12.2	9.9	+ 14.37

Bilan pour la quinzaine du 1-9 au 14-9-1948.

Date	P	A	π	π + E	E	Q	A %	π %	π + E %	E %	A — Q
1	31.4	9.25	22.15				29.5	70 5			
2						16.42					
3	18 2	16.2		2.0			89.0	11 0			
4											
6											
7						21.95					
8	4.5	0.45			4.05		10.0			90.0	
9											
10	2.4				2 4					100.0	Actif
11											
12						2.34					+ 14.37
13	34 8	23.7	11 09				68.1	31 9			
14						14.62					B. de la quinz.
											— 5.48
											à reporter
	91.3	49.61	33.24	2.0	6.45	54.98	54.3	36.4	2 2	7.1	+ 8.89

2° que le bilan d'eau a été positif pour la première quinzaine et négatif pour la seconde : la somme des deux a été cependant positive pour le mois écoulé du 15-8-48 au 14-9-48.

3° que la quantité percolée oscille aux alentours de 35 % de la quantité de pluie tombée.

Nous nous proposons d'établir ultérieurement des bilans semblables pour des horizons situés à différentes profondeurs dans des parcelles portant des couverts différents. La question de l'eau est trop

importante pour qu'il soit nécessaire que nous insistions ici sur l'utilité de tels bilans.

CONCLUSION ET RESUME

Le but de la présente note était double : montrer l'importance et la nécessité de l'établissement pour la caractérisation des terres des courbes de potentiels capillaires en fonction de l'humidité et donner les résultats déjà obtenus au centre agrologique de l'INEAC à Yangambi.

1° Nous avons établi les courbes pour deux grands types de sols tropicaux : les sols jaunes sableux non latéritiques et les argiles rouges latéritiques. Les différences ont été trouvées très grandes : pour un potentiel capillaire donné, le sol rouge retient beaucoup plus d'eau que le sol jaune, ou encore : pour une humidité donnée, les forces de rétention pour le sol rouge sont beaucoup plus élevées que pour le sol jaune.

2° Les matières organiques ont un effet d'autant plus marqué que le sol est plus léger : elles abaissent les forces de rétention et augmentent la capacité maximale de rétention.

3° L'appareil orientatif installé sur un champ peu couvert nous a montré l'efficacité relativement faible des pluies : c'est-à-dire le pourcentage relativement faible de la quantité retenue par rapport à la quantité tombée (à 30 cm de profondeur).

Nous pensons que ce fait est surtout dû à la mauvaise répartition des précipitations; celles-ci sont généralement groupées et chaque groupe est séparé par une période sèche plus ou moins longue.

La première pluie est très efficace et sature le sol : la seconde percole en grande partie et l'efficacité va ainsi en s'atténuant.

Le facteur de répartition est plus important, pensons-nous, que la réévaporation de l'eau au contact du sol chauffé.

Il nous reste à remercier tous ceux qui nous ont apporté leur concours pour la réalisation de cette note et particulièrement M. F. Jurion, directeur général de l'Inéac en Afrique, qui nous en a suggéré l'idée, et M. G. Gilbert, chef de la section des recherches scientifiques, qui l'a relue et y a apporté des corrections.

BIBLIOGRAPHIE

1. Briggs, L J — *The mecanics of soil moisture.* U. S Dept. Agr. Bur. Soil Bull 10 (1947)
2. Briggs, L. J. et Shantz, H. L — *The wilting coefficient for different plants and its indirect determination.* U. S. Dept Agr. Bur. Plant. Ind. Bull *230* (1912).
3. Veihmeyer, F S et Hendrickson, A. H. — *The moisture equivalent as a mesure of the field capacity of soils.* Soil Sci. *32*, 181-193 (1931).
4. Buckingham, E. — *Studies on the movement of soils moisture* U. S Dept Agr. Bur Soils Bull. *38* (1907).
5. Bodman, C. B. et Day, P. R. — *Freezing points of a group of Californa soils and their extracted clays.* Soil Sci *55*, 225-246 (1943).

6. SCHOEFIELD, R. K. — *The pF of the water in soils.* Trans 3rd Int. Soil Congr. *2, 37-48* (1935).

7. J. D'HOORE et J. FRIPIAT. — *Recherches sur les variations de structure du sol à Yangambi, Congo Belge,* à paraître dans la série scientifique des publications I.N.E.A.C. Voir résumé : *Studies of structure of (lateritic) soils at Yangambi, Belgian Congo.* A paraître dans le numéro de septembre 1948 de « Soil Science ».

8. L. A. RICHARDS and O. R. NEAL. — *Some field observations with tensiometers* Soil Sc. Soc. of Am. Proceedings (1937). Vol. I, p 71

9. RUSSEL et RICHARDS. — Cité par Baver.

10. BAVER. — *Soil Physics.* Wiley (1940)

11. T. J. MARSHALL. — *Tension of water in sandy soils at field capacity.* The Journ. of the Austr. Int. of Agric. Sci. Vol. II, n° 4, pp. 192-194 (1945)

Les références bibliographiques suivantes ont été consultées mais n'ont pas été citées

12. BELICHENKO, D. M. — *Relation between the capillary rise and the specific surface of foundation soils.* Pedology, n° 5 (1940), pp 59-70.

13. BOYOUCOS, G J. — *Effect of organic matter on the water holding capacity and the wilting point of mineral soils* Soil Sci. 47 (1939), pp. 377-383

14. DAY, P. R — *The moisture potentiel of soils.* Soil Sci. 54 (1942), pp. 391-400.

15. RUSSEL, M. B. — *Relation between the force energy of soil water and the moisture content of the soil.* Iowa St Coll. J. Sci *14* (1939), pp. 76-77

16. GALETTI, A. C — *Method of determining the surface tension of soils.* Ann Techn. Agr. Roma, 10 (1937), pp. 248-250.

17. GARDNER, W. — *The capillary potentiel and its relation to soil moisture contents.* Soil Sci. *10*, pp. 357-359 (1920).

18 HUCHEON, W. L. — *The relation of clay and organic matter to soil moisture equilibrium points.* Sc Agric. *23, 1942* (4-16).

19. RICHARDS, L. A. — *The usefullness of capillary potentiel to soil moisture and plant investigations.* Journ. Agric Res. *37*, pp 719-742 (1928)

20. RICHARDS, L. A. — *Soil moisture content calculations from capillary tension records.* Proc. Soil Sci. Soc. Amer (1938), 3, 1939, pp 57-64

21. RICHARDS, L. A. — *Soils moisture tensiometer material and Construction.* Soil Sci. *53*, 1942, pp. 241-248.

22. RICHARDS, L. A. et GARDNER, W. — *Tensiometers for measuring the capillary tension of soil water.* Journ. Am Soc. Agron. *28* (1936), p 35.

23. RICHARDS, L. A. et PEARSON, R. W. — *A soil moisture tensiometer with a compact manometer.* J. Amer. Soc. Agron. *31* (1939), p. 986.

24. RICHARDS, L. A., RUSSEL, M. B. et NEAL, O. R. — *Further developments on apparatus for field moisture studies.* Soil Sci. Soc. Amer. Proc *2*, pp. 55-64 (1937).

25. W. S. ROGERS — *A soil moisture-meter depending on the capillary pull of the soil with illustrations of its use in fallow land, grass orchard and irrigated orchards.* J. of Agric. Sci. (1935), *25*, pp 316-343.

26. RUSSEL, M. B. — *The utility of the energy concept of soil moisture.* Proc. Soil Sci. Soc. Amer. (1942), *7* (1943), 90-94.

27. SCHOFIELD, R. K — *Porce size distribution as revucaled, by the dependence of suction (pF) on moisture content.* Trans. Int. Soc. Soil. Sci. First Comm A. *1938*, 38-45.

28. SCHOFIELD, R. K. — *The pF of the water in soils.* Trans. 3rd. Int. Soil Congr. *2*, 37-48 (1935).

29. VEIHMEYER, F. J. et EDLEFSEN, N. F. — *Interpretation of soil moisture problems by means of energy changes.* Trans. Amer. Geogr. Soc. 18 th Ann. Meeting. Part II (1937), pp. 391-398.

30. WALLIHAN, E. F. — *Use of tensiometers for soil moisture measurement in ecological research.* Ecology, 20, 1939 (40-3-412).

Sur quelques notions texturales dans les sols congolais

par

A. FOCAN,
Assistant à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Une des notions qui ont de tout temps retenu l'attention de l'agriculture est celle de la composition élémentaire des sols, comme dit DEMOLON (1) ou de la texture d'après d'autres auteurs. Il faut entendre par là « la nature et la distribution des particules qui forment les matériaux constitutifs du sol. » Bien avant la naissance de la pédo-

logie, dans sa conception actuelle, on parlait de sols légers et de sols lourds limoneux, sablonneux, argileux. La texture est d'ailleurs assez stable et ne varie guère dans le temps : ainsi LYON et BUCHMAN (2) sont d'accord que « en l'espace d'une génération d'homme, le processus de formation du sol, quoique actif de façon surprenante, n'altère pas de manière appréciable les dimensions de ses particules minérales » (*).

Lors de l'examen du sol en place, cette notion de texture ou de composition élémentaire ou granulométrique est une des premières qui frappe le prospecteur; certains ont même voulu en faire une base de classification des sols, et, aux Etats-Unis, cette question de texture détermine les types de sol dans une série. GOLLAN (3) signale « que le critère de l'analyse mécanique est essentiellement pédologique », comme cela fut avancé par DAVIS et MIDDLETON au premier congrès de la Science du Sol en 1927. Sur cette base, le sol est considéré, non du point de vue utilitaire, mais comme une source d'information. Les données analytiques ainsi obtenues ne peuvent être directement mises en relation avec les conditions du sol en place. Elles doivent, cependant, définir une propriété déterminée du sol : celui-ci est formé de particules individuelles classées en fonction de leur grosseur; ce qui constitue une propriété texturale bien définie, qui peut être représentée sur les cartes pédologiques et qui, dans les travaux de recherches, peut être mise en corrélation avec d'autres propriétés.

Il est certes indéniable que l'analyse mécanique est avant tout et surtout un critère pédologique et de cartographie, mais il est non moins certain que, contrairement à ce que dit GOLLAN, elle est en relation avec certaines propriétés du sol en place. Ainsi, BEALE (4) signale « qu'une des importantes déterminations physiques faites en connection avec les études d'érodibilité est l'analyse mécanique ». Il en va de même de l'économie d'eau, qui est en relation avec la composition mécanique du sol; il suffit pour s'en convaincre de voir les courbes de pF des sols de Yangambi et celles des argiles latéritiques rouges de Kaniama établies par J. J. FRIPIAT (5). De plus, cette analyse doit être mise en relation avec l'examen du sol en place lors de la prospection, sinon son intérêt devient précaire.

On peut, en examinant le sol *in situ*, remarquer la présence ou l'absence de corps, autres que la terre, par exemple des pierres, des graviers, des concrétions, des blocs de latérites, du quartz en bancs de grosseur variable et de forme différente, etc.

Enfin, dans la terre elle-même, nous avons des éléments de grosseur variable, allant des particules très fines au sable grossier de 2 mm. et plus de diamètre. Suivant la prédominance des uns ou des autres, nous aurons donc des sols graveleux ou sablonneux, ou argi-

(*) Il y a cependant peut-être une réserve à faire pour les horizons de surface des sols tropicaux cultivés et exposés à un lessivage violent, où les colloïdes de surface migrent aisément, changeant la texture des horizons supérieurs.

leux, ou limoneux. Force est donc au prospecteur de classer sur le terrain d'un point de vue textural les profils rencontrés et d'exprimer avec des mots ou combinaisons de mots (argileux, sablo-argileux, sablo-limoneux) un état de la matière.

Nous estimons, avec T. J. MARSHALL (6) « que les termes de texture sont les plus importants dans la description des sols dans le champ, il est dès lors non moins important de les baser sur des standards quantitatifs. Il serait, de plus, désirable qu'il y ait une convention internationale pour semblable standard. »

Nous voudrions, en quelque sorte, opérer la jonction entre le travail sur le terrain et les déterminations du Laboratoire en ce qui concerne l'analyse mécanique de nos terres congolaises, et donner au mot une valeur mathématique. Pour ce faire, nous allons examiner le travail en Laboratoire, les méthodes d'analyse mécanique et leur portée, leur utilisation graphique en relation avec le travail sur le champ, et enfin son application en prospection.

I. — L'ANALYSE MECANIQUE EN LABORATOIRE

Nous ne voulons pas ici épuiser le sujet de l'analyse mécanique (38) mais faire un bref examen : a) des méthodes employées en laboratoire; b) de la préparation; c) du prétraitement de l'échantillon; d) de la classification des particules.

L'analyse mécanique permet une classification granulométrique des particules minérales unitaires, formant le sol après que celles-ci ont été *aussi complètement que possible dépossédées de leur liant ou revêtement*. On obtiendra ainsi l'image de ses propriétés texturales ou de sa composition élémentaire. Cette composition, comme le signale DEMOLON (1), « ne peut être déterminée qu'après une destruction des agrégats assurant la mise en liberté de la totalité des particules qui les forment. Cette opération est une dispersion. C'est sur le sol à l'état de dispersion complète que s'effectue l'analyse mécanique ». La plupart des auteurs sont d'accord à ce sujet et GOLLAN (3) considère que « dans les études pédologiques, un traitement préliminaire est nécessaire pour briser les agrégats et libérer aussi complètement que possible les particules inférieures à 2 μ en diamètre; la classification devant donner aussi exactement que possible le contenu actuel des particules de grosseur différente. »

Il y a donc divers points à examiner qui auront une incidence sur les résultats :

1° la préparation de l'échantillon;
2° le mode de dispersion des particules;
3° la manière de classer les particules;
4° les méthodes de séparation des éléments.

Avant de passer en détail chacune de ces opérations, remarquons que dans cette analyse, on ne tient pas compte de la valeur, ni de la

constitution interne des diverses classes établies. Ainsi, on admet dans une seule et même catégorie, les particules de 0 à 0.002, quelle que soit leur nature, qu'il s'agisse de colloïdes totaux (BOUYOUCOS (7); de colloïdes floculés ou peptisés (FRIPIAT-D'HOORE) (8); de colloïdes du groupe I ou II (TIUYLIN) (9). C'est à l'étude des colloïdes du sol, à la minéralogie qu'incombent de fournir les renseignements complémentaires quant à la valeur, la nature et les propriétés des diverses classes établies. Nous sommes entièrement en accord avec ce que dit ROCHETTI (10) : qu'il faut *distinguer entre argile au sens de l'analyse mécanique et argile au sens physico-chimique*. De même, tout ce qui est classé comme sable n'est pas nécersairement inerte et l'on y peut rencontrer parfois des minéraux altérables non décomposés. Mais ces différences sont à établir par des méthodes qui ressortent de disciplines autres que l'analyse mécanique.

1. - Préparation de l'échantillon.

La « Société Internationale de la Science du Sol » dans ses conclusions (11) de 1930 recommande certaines précautions préliminaires concernant l'échantillon :

a) D'abord, il faut travailler sur la partie qui est au-dessous de 2 mm. Le refus sera la partie qui est au-dessus de 2 mm. Le prospecteur aura d'ailleurs à noter sol graveleux, pierreux, à concrétions, etc.; ce refus, à notre sens, devrait être renseigné en % sur le bulletin d'analyse, tout comme l'analyse mécanique se fera sur l'échantillon ayant passé au tamis de 2 mm.;

b) L'analyse mécanique s'exécute sur le sol ayant séché à l'air au laboratoire;

c) Les résultats seront exprimés en % du sol fin séché à 105°.

2. - Modes de dispersion.

Comme le but est de désintégrer la terre en ses composants élémentaires, il est évident que le processus employé pour ce faire aura une importance capitale et influera fortement sur les résultats. On doit rechercher une dispersion complète et amener l'échantillon du sol en ses constituants élémentaires. D'autre part, la nature du sol joue un rôle et aucune méthode n'est d'application générale; cependant, une même méthode de dispersion fournit des résultats comparables.

Certains auteurs proposent de contrôler avant de commencer l'analyse si l'échantillon est bien à la dispersion maximale. T. G. LOUGHRY and G. W. CONREY (12) écrivent que le rapport *clay* $< 5\ \mu$ *in diameter/clay* $< 2\ \mu$ *in diameter*, est une valeur qui permet de comparer l'efficacité relative de divers traitements. GOLLAN (3) se sert du microscope et d'un graphique logarithmique.

En 1930, la première Commission de la Science du sol (11) a déposé ses conclusions et proposé un mode opératoire garantissant

une dispersion maximale (Méthode Int. A.) Au préalable, NOVAK (13), président de cette commission, avait fait examiner par divers laboratoires 6 échantillons types et ce par 5 méthodes :

Méthode internationale A.
» » B.
» du Soudan
» Puri
» Sokolowsky

C'est donc à la suite de ces travaux que la méthode Int.A. fut adoptée, en voici les traits principaux :

a) Traitement à H_2O_2 pour détruire la matière organique;

b) Traitement à l'acide chlorhydrique et ébullition pour décomposer les carbonates éventuels, enlever les ions échangeables et déliter complètement les agrégats;

c) Traitement à la soude caustique et agitation éventuelle, pour obtenir enfin l'échantillon prêt à l'analyse dans une dispersion maximale.

Cette méthode est aujourd'hui généralisée, mais de nombreuses modifications changeant l'une ou l'autre opération, ainsi que des méthodes différentes, sont proposées dans la littérature sur le sujet.

Destruction de la matière organique. CHAKABORTY (14) détruit la matière organique avec le permanganate au lieu de H_2O_2 et trouve ce réactif aussi intéressant; il fut également employé à Yangambi, nous verrons plus loin ce qu'il y a lieu d'en dire.

PURI (15) a examiné avec 3 méthodes standards :

a) oxydation avec H_2O_2;

b) — avec hypobromite de Sodium;

c) — avec $KMnO_4$;

la destruction de la matière organique, et il en arrive à la conclusion que le $KMnO_4$ est le meilleur, puis l'hypobromite de Soude et enfin H_2O_2.

BEALE (4) a démontré que H_2O_2 n'était pas nécessaire pour les terres latéritiques et que NaOH était le meilleur dispersant pour ces terres.

CERIGHELLI R. (16) a montré que pour une terre rouge d'Indo-Chine pauvre en matière organique, l'H_2O_2 ne modifiait pas sensiblement l'état de dispersion de la terre.

Pour ce qui est des sols du Congo Belge, on peut dire que le traitement à H_2O_2 n'est pas nécessaire pour les horizons de profondeur. Il y a peu de changement dans les résultats si l'on traite ou non le sol par H_2O_2.

Pour DROSDOFF M., MILES E. F. (17) H_2O_2 a une influence sur les résultats des sols à micas; si le mica est hydraté, H_2O_2 augmente le

sable et diminue l'argile; c'est l'inverse qui se produit dans le cas des micas non hydratés.

CROWTHER et TROELL (18) ont essayé H_2O_2 et NaOBr pour oxyder la matière organique, puis ont comparé H_2O_2, NaOBr et NaCl; ils concluent que :

a) Pour les sols avec peu de matières organiques, il n'est pas nécessaire d'user d'un prétraitement,

b) NaOBr est le meilleur et le plus avantageux aux tropiques; NaCl est à rejeter; H_2O_2 est bon également, mais est d'un prix élevé.

c) La quantité d'oxydant à employer dépend beaucoup plus de la valeur relative de la quantité de colloïdes inorganiques et organiques, que de la quantité absolue de ces derniers ou du contenu total en carbone.

Dispersion. Il y a d'autres moyens de dispersion que ceux proposés par la Méthode Internationale, les uns plus brutaux, les autres moins, qui amènent le sol à analyser dans des conditions nettement différentes et qui donneront naturellement des résultats divergents mais toujours en rapport avec le traitement employé.

L'importance de la dispersion est fondamentale, signale DEMOLON (1), « dans beaucoup de cas où elle n'a été qu'incomplètement réalisée, elle a conduit à des résultats de signification incertaine, intermédiaires entre ceux correspondant au sol réel en place et au sol amené au maximum de dispersion. Il signale, d'autre part, que « dans les sols latéritiques, la destruction des agrégats nécessite un traitement par un réactif alcalin énergique tel que NaOH, la concentration atteignant N/5. » BEALE (14) est du même avis, TYNER (19) emploie le métaphosphate mais reconnaît que pour les sols calcaires il ne convient pas.

MEURICE (20) chauffe l'échantillon avec H_2SO_4 à 6 %, et lave le résidu avec HCl 0.05 N et NaOH à 0,25 %.

CHATTERJÉE B., DAS B. K. (21) recommandent le ferrocyanure de Na, au lieu de NH_4OH, comme dispersant; ces auteurs refusent également HCl et le remplacent par NaCl. La trop forte acidité comme la trop forte alcalinité faussent, prétendent-ils, les résultats. PURI (22) se sert de carbonates d'NH_4 et a obtenu avec ce réactif des résultats en accord avec d'autres méthodes. Il a également essayé le carbonate de Na et l'oxalate de Na et a obtenu aux Indes, sauf pour les sols humifères, des résultats concordants. COUTTS (28) prétend que NaOH est le meilleur agent de dispersion pour les études poursuivies sur les sols d'Afrique du Sud. Le processus le meilleur est, selon cet auteur, H_2O_2 - HCl - NaOH. Il ajoute que NH_4OH est suffisant, mais que Na_2O n'est pas à retenir, car il provoque la floculation.

Cependant LOUGHRY et CONREY (12) ont trouvé que Na_2O + Na_2CO_3 donnent une bonne dispersion s'ils sont employés en combinaison.

REIFENBERG et BRISK prônent également NaOH, qui a un effet plus fort que NH_4OH.

TRUOG (32, 33) réalise une dispersion maximale par enlèvement de tout fer libre par Na_2S et H_2O. Ses méthodes et celles de son école amènent l'échantillon dans un état de dispersion complète, les argiles devenant blanches et prêtes pour l'analyse rœntgénographique.

Terres calcaires. DEMOLON et BASTISSE (25) ont proposé pour ces terres une technique spéciale comprenant :

1° Destruction de la matière organique comme pour la méthode internationale.

2° Trois lavages de 100 cc avec KCl N/10.

3° Peptisation par agitation mécanique (1 h.) en présence de 400 cc H_2O additionnés d'une solution normale de citrate de Soude.

4° Extraction des colloïdes par sédimentation.

AUBERT et autres (27) entraînent les carbonates avec KCl, 6 ou 7 lavages par décantation et lavage à l'eau distillée. Il disperse par NH_4OH, puis par sédimentation sépare en fraction.

RADET (26) a appliqué la méthode précitée ainsi que NaOH. Suivant les cas, prétend-il, l'une comme l'autre donnent de bons résultats.

ROBINSON (28) est sans doute dans la note juste quand il écrit que la méthode internationale A n'a pas été entièrement satisfaisante, mais qu'il est cependant désirable de la retenir comme une méthode provisoire.

Il émet ensuite l'opinion qu'il est indispensable de trouver une méthode donnant satisfaction avec tous les sols.

A l'heure actuelle, la méthode internationale A est couramment employée en Angleterre, Australie, France, Belgique, Congo Belge, etc., et en 1930 (29) et 1938 (30), les modifications apportées aux procédés d'analyse mécanique des Etats-Unis l'ont fortement rapprochée de la méthode internationale A. (*)

Nous insistons encore une fois sur la divergence du mode de dispersion de l'analyse mécanique et de celui réussi pour l'étude des colloïdes.

Dans le premier cas, qui nous intéresse, ce sont les particules diverses qui forment notre sol; il faut donc que la dispersion soit maximale, d'où l'emploi de réactifs forts. Dans l'étude de la partie colloïdale, il faut au contraire maintenir la fraction colloïdale dans son état naturel d'où emploi de réactifs faibles ne détruisant pas le réseau argilique ni son recouvrement.

(*) T. J. MARSHALL (6) cite « The United States Department of Agriculture has since 1930, adopted a procedure of mechanical analysis which is not greatly different from the International procedure, and in 1938 an upper limit of 2 μ was also adopted for the clay fraction.

Certaines méthodes même n'emploient pas de réactifs, comme celle proposée par AÏDIGAN R. Kh. (34) qui emploie le broyage au mortier, puis le tamisage et la centrifugation.

Ce sont des méthodes bien distinctes poursuivant des buts opposés mais définis et se complétant en quelque sorte.

L'analyse mécanique s'efforce de donner une image aussi exacte que possible de la répartition, de la grosseur des particules, formant le sol sans tenir compte de leur valeur ou propriétés. L'analyse colloïdale physico-chimique, au contraire, s'attache à définir la partie fine du sol. Elle en recherche la valeur, la nature, le comportement; elle est de loin plus précise et doit nous fournir des renseignements précieux sur la partie active de nos sols.

Cette étude est d'ailleurs bien plus orientée vers la caractérisation de la fertilité du sol et son usage agronomique ou vers l'étude des argiles que vers la cartographie et l'étude du sol sous un angle général.

C'est ainsi que les méthodes de TIYULIN (9), de ATKINSON (31), de RUSSELL (33) ne sont plus des méthodes d'analyse mécanique à proprement parler.

La méthode de RUSSELL par exemple, qui étudie uniquement la fraction argileuse et son expression « PV » est très ingénieuse; elle serait à généraliser pour compléter l'analyse mécanique.

La même remarque s'impose pour les méthodes de WHITESIDE et MARSHALL (35) ou de HOSKING (36) utilisant la supercentrifuge SHARPLESS. Il s'agit de l'étude des argiles constituant un sol et non plus d'une étude granulométrique.

De toute façon, les deux méthodes ont leur importance, mais sous un angle différent; elles appartiennent à des disciplines distinctes.

3. - La classification des particules.

Seule la partie passant au tamis de 2 mm. est étudiée.

En examinant cette terre dispersée selon une méthode l'amenant dans cet état aussi complètement que possible, on s'aperçoit qu'on peut la classer en éléments de grosseur différente.

DEMOLON (1) signale que « au-dessous de 2 μ apparaissent des propriétés nouvelles, spécifiques, n'appartenant ni aux fractions plus grossières, ni à une suspension fine de grains de quartz de même dimension. Cette partie renferme la totalité des colloïdes argileux qui n'en constituent qu'une variable. »

Le mot argile doit être pris ici au sens le plus large, ceci ne présageant nullement, encore une fois, de ses propriétés ou de sa nature. On pourrait peut-être le remplacer par un autre terme, par exemple *complexe colloïdal*, groupant les parties inférieures à 2 μ.

ROCHETTI (8) reconnaît d'ailleurs que l'argile, au sens de l'analyse mécanique, est composée de matériaux hétérogènes, surtout dans

les sols tropicaux, dans lesquels les particules inorganiques fines ont une faible proportion d'argile vraie (alumino-silicate) mais consistent largement en matériaux ayant un faible rapport SiO_2/R_2O_3 et une faible capacité d'échange. »

Il ajoute que pour éviter toute confusion, les chercheurs italiens sont accoutumés d'appeler la fraction 0 à 0.002 de l'analyse mécanique « *matière de forme argileuse* », (argiliform matter dans résumé de S. and F.)

De nombreuses échelles ont été proposées pour classifier ces divers éléments. Cependant, actuellement, l'échelle de l'analyse mécanique internationale est acceptée le plus souvent, et même les Etats-Unis ont admis 2 μ comme limite de l'argile. L'échelle internationale reconnue après les délibérations de la I[re] Commission de la Science du Sol à Versailles, en 1934, s'établit comme suit :

Fraction	I	0 à 0.0020	— argile
»	II	0.002 à 0.020.	— limon.
»	III	0.020 à 0.200.	— sable fin.
»	IV	0.200 à 2.000	— sable grossier.

Par contre, la classification des particules du sol, telle qu'elle fut établie par le Département de l'Agriculture des Etats-Unis depuis 1938, est la suivante (*)

1. Fine gravel	2 — 1	mm	de diamètre
2. Coarse sand	1 — 0.5	—	—
3. Medium sand	0.5 — 0.25	—	—
4. Fine sand	0.25 — 0.10	—	—
5. Very fine sand	0.10 — 0.05	—	—
6 Silt	0.05 — 0.002	—	—
7. Clay	< 0.002	—	—

Citons également les récentes propositions de RUSSEL (33) pour la subdivision de l'argile où il fait intervenir la notation originale pv — $\log_{10}$ V — où V est la « vitesse de chute d'une particule en cms/sec (Settling Velocity) ».

Il parvient ainsi à diviser les parties de l'analyse mécanique inférieures à 2 μ en pv de 3.5 - 2 μ à pv — 7 ou 0.034 μ, et donne pour chacune un temps de chute différent.

Le fractionnement d'après la méthode internationale est le plus répandu actuellement; il n'est que conventionnel mais il a l'avantage d'uniformiser les résultats et de permettre une comparaison très large.

Il reste bien entendu que les fractions « argile » (voir RUSSELL) ou « sable » (voir Etats-Unis) peuvent être disséquées; mais, en général, cependant, les 4 fractions sont suffisantes et donnent une bonne image de la terre examinée.

(*) Voir LYON and BUCHMAN, p. 42.

4. - Les méthodes de séparation des éléments.

L'échantillon dispersé selon la méthode admise par la (11) Commission de la Science du Sol ou une autre présente des particules de diverses grandeurs. La Commission s'est mise d'accord sur les rapports existant entre le diamètre des particules et la durée de chute à maintenir. Elle a admis les temps suivants :

Temps de sédimentation = à 20° C — 8 heures pour 10 cms.

Diamètre des particules = 2 μ ou 0.002 mm.

Les autres valeurs sont à énumérer d'après la loi de STOKES.

Si l'on connaît la vitesse de chute des particules et la hauteur de chute, on peut aisément déduire $t = \frac{h}{v}$ et l'on trouvera dans PIPER (37) et DEMOLON (1) les temps de chute corrigés selon les variations de t° et ce dans les diverses fractions.

DEMOLON écrit à ce sujet : « la classification reste conventionnelle. En effet, d'une part, la formule de STOKES ne s'applique théoriquement qu'à des particules sphériques. Or, en raison de l'irrégularité de leur forme, des particules de grosseur différente peuvent avoir une même vitesse de chute. »

Loi de Stokes : $V = \frac{2/9\ gr^2\ (D\text{-}d)}{M}$ qui devient $V = Kr^2$.

Les vitesses de chute varient « donc proportionnellement au carré des rayons ». Mais la formule cesse d'être applicable aux éléments supérieurs à 100 μ. Pour la loi de Stokes et ses modifications « loi Stokes-Oseen », consulter l'Analyse mécanique (GESSNER) (38).

Beaucoup d'auteurs ont apporté des modifications au coefficient 2/9. Ex. : ASTOPOV (39) qui propose 0.13 au lieu de 2/9.

GESSNER (38) cite 60 méthodes pour déterminer en laboratoire la répartition des éléments d'une terre.

Résumons brièvement les principales :

A. — METHODES PAR SEDIMENTATION DISCONTINUE.

a) Méthodes par décantations successives. — Une des plus anciennes est celle d'ATTERBERG qui opérait dans un cylindre spécial qui porte son nom.

Par décantations successives à des temps variant suivant la hauteur du liquide, on élimine l'argile, puis le limon. Pour le sable fin et le sable grossier, les résultats sont moins bons et le tamisage est de loin supérieur.

On trouvera dans GESSNER (38) (p. 77 et suivantes) toute une série d'appareils convenant pour la sédimentation. Signalons que l'on obtient d'ailleurs des résultats reproductibles en travaillant simplement dans des vases de Berlin, forme haute (BEAKER, méthode de

PIPER (39). On recueille les divers éléments argile et limon, que l'on enlève par siphonnage à des temps déterminés; on sèche et pèse, et l'on obtient un pourcentage par calcul (argile et limon).

Les sables peuvent s'obtenir par tamisage.

b) Méthode à la pipette. (ROBINSON) (40). — Si l'on place dans une éprouvette la terre dispersée dans un liquide, on peut constater qu'à un moment donné, il apparaît trois couches, en haut l'argile, vers le milieu argile + limon, dans le fond argile + limon + sable.

En prélevant après des temps connus, à une température donnée, à des profondeurs différentes de la colonne liquide, des échantillons, on obtient par exemple :

après 4 m. 48 sec. pour 10 cm., le limon + l'argile,

après 8 h. pour 10 cm., l'argile.

Le sable s'obtient directement après l'élimination de l'argile puis du limon. Le sable grossier a été obtenu en passant l'échantillon au tamis de 70 mesh. avant de commencer la détermination BEATER (41) prétend que l'on commet une erreur en séparant les sables humides.

Cette méthode est beaucoup employée et de nombreux amateurs ont adopté des pipettes spéciales. Il y a sur le sujet d'abondantes publications, et de nombreux modèles de pipettes pour la prise d'échantillons (44) (45). De plus, elle est souvent combinée avec le tamisage, cf HOOGHOUDT (42) par exemple, ou avec l'hydromètre : cf. ASCENSIO (43).

B — METHODES PAR SEDIMENTATION CONTINUE

Ici, on ne classe plus les particules suivant leur grosseur, mais on obtient une courbe de sédimentation donnant, soit la partie sédimentée à un moment donné, soit celle qui reste en suspension

On peut de là passer à une courbe de distribution des particules en fonction de leurs dimensions.

a) *Apparcil de Swen Oden.* (46)

On emploie une balance à compensation dont un des plateaux est dans l'éprouvette et on recueille le sédiment au fur et à mesure; la pesée est automatique et est enregistrée.

Comme le remarque GESSNER (38), ces appareils « sont très compliqués et très chers, de telle sorte qu'ils ne paraissent pas destinés à une grande diffusion. »

Cependant, des auteurs comme BOTWAY (47), RIVIÈRE (48), BOND (49), DOEGLAS (50) emploient la balance pour déterminer les particules du sol, avec l'une ou l'autre modification, le principe restant le même.

b) *Appareils de Wiegner et ses modifications.*

Le principe en est le suivant :

« Dans un système de tubes communicants, les hauteurs de différents liquides sont inversement proportionnelles à leurs poids spécifiques. (GESSNER) (38).

» Tous les appareils construits sur ce principe présentent un système de deux ou plusieurs tubes communicants (Id.).

» On a aussi combiné ces méthodes avec des dispositifs photographiques d'enregistrement (Id.).

c) *Méthode basée sur la mesure du poids spécifique :* la plus importante et la plus employée est celle de l'aréomètre de BOUYOUCOS (51). Ce dernier a décrit, dans plusieurs articles, son appareil et sa méthode.

On mesure au moyen d'un densimètre sensible de forme spéciale les variations de densité en fonction du temps, mais dans le cas de particules inférieures à 0.2 mm seulement.

La température joue un grand rôle et il y a lieu d'en tenir compte RICHTER (52) a montré que les corrections à appliquer au-dessus de 67° F ne sont pas les mêmes que celles en dessous de 67° F.

Il y a de nombreuses discussions au sujet de ce genre de méthode. Pour GESSNER (38) « il est naturellement impossible de mesurer ainsi le poids spécifique moyen d'un système en train de se sédimenter, la force ascensionnelle à diverses hauteurs dépendant de la section du fuseau et du poids spécifique du système à la hauteur en question

» En outre, la forme en fuseau doit agir défavorablement, car des particules tombent de la partie supérieure et peuvent rester fixées, ce qui cause, bien entendu, des erreurs très grossières. »

KEEN (53) a cependant démontré qu'elle était plus qu'une méthode empirique et qu'elle avait une base quantitative, mais la densité de la suspension n'est pas uniforme durant la sédimentation et la grosseur de l'aréomètre trouble la chute des particules. Ce sont là deux sources d'erreur.

CASSAGRANDE, cité par CODONI (55), a donné une formule théorique pour corriger la source d'erreur due à la sédimentation et confère à la méthode une base physique.

BOUYOUCOS (51), comme il se doit, défend sa méthode et dans un article de 1937 prétend qu'elle est pratique et exacte et refuse les critiques basées sur les considérations théoriques.

Il a, en plus, montré que le « coarse clay or conventional clay », en dessous de 0.005 mm peut être déterminé par lecture après 1 heure, tandis que le « fine clay », en dessous de 0.002 mm. se lit après 2 heures; les colloïdes totaux après 15 minutes.

Il prétend également que son agitation mécanique de 10 minutes suffit, et qu'il n'est pas nécessaire de faire le traitement à H_2O_2.

La rapidité n'est pas due, conclut-il, à la dispersion incomplète; au contraire, la méthode est définitivement acceptable.

Cette méthode a d'ailleurs été étudiée et appliquée par de nombreux chercheurs. De même, le « Bureau of Public Road » des Etats-Unis (cf. CODONI) (55) a aussi émis une formule corrigeant l'erreur due au déplacement de la suspension par immersion du densimètre.

Pour CHEN (54), les densimètres ordinaires sont cependant au moins aussi bons, si pas meilleurs, et il en va de même pour CODONI (55).

Enfin DOWNES (56) et PURI (57), après examen en laboratoire et considérations théoriques, en sont arrivés à proposer de nouveaux hydromètres, celui de Bouyoucos ne leur donnant pas satisfaction.

C — METHODE PAR LEVIGATION.

Le principe est le suivant : « utiliser l'action d'un courant d'eau circulant de haut en bas dans une série d'allonges verticales de dimensions convenablement étudiées pour réaliser des vitesses égales aux vitesses de sédimentation préalablement calculées. » DEMOLON (1).

Il y a de nombreux appareils permettant de recueillir ainsi les fractions diverses; un des principaux est celui de KOPFCKY qui permet de recueillir les éléments de :

0 — à 0.1 mm ; 0.1 — à 0.05 mm.; 0.05 — à 0.01 mm.

On trouvera dans GESSNER (38) une revue complète des appareils de ce genre en usage dans l'analyse courante.

D. — METHODES COLORIMETRIQUES.

GALETTI (58) a récemment proposé une mesure colorimétrique des argiles. Une solution de bleu de méthylène, de concentration connue, traverse une argile; on recueille la solution, puis on compare au standard et on obtient une autre concentration qui est fonction de la teneur en argile.

JACKSON (59) a également mis au point une méthode de détermination des argiles de 2 à 0.2 μ et $< 0.2\ \mu$ par un procédé photoélectrique de mesure de la turbidité.

E. — METHODES MICROSCOPIQUES.

Certains auteurs, comme FAIRS (60) appliquent le microscope à l'analyse mécanique et arrivent à d'excellents résultats en concordance avec la photosédimentation et la turbidimétrie.

GOLLAN se sert du microscope pour contrôler l'analyse mécanique effectuée par d'autres méthodes.

HISSINK et HOOGHOUDT (61) déterminent les sables par ce procédé et donnent une formule pour corriger l'erreur due à l'épaisseur dont ordinairement on ne tient pas compte.

F. — METHODES PAR TAMISAGE.

Les tamis servent « pour la détermination des particules grossières dans les systèmes qui, à côté des particules fines, présentent des grains de 0.1 mm de diamètre. » GESSNER (38).

On les emploie donc pour classer les sables, mais il y a lieu d'être prudent pour les sables fins. Remarquons d'ailleurs que les tamis varient d'un constructeur à l'autre et qu'ils doivent être bien standardisés pour donner des résultats significatifs.

Il fut recommandé à Versailles, en 1934, de donner chaque fois le nom du constructeur. (I[re] Commission de la Science du Sol.)

Le plus souvent, le tamisage est employé en combinaison avec d'autres méthodes. MORALÈS (62) le combine avec la lévigation sans grande attaque, si ce n'est le chauffage dans une capsule avec NaOH

Dans la méthode à la pipette, on se sert de tamis pour la fraction du sable grossier.

DEMOLON (1) recommande « pour une analyse mécanique précise l'emploi suivant des méthodes :

Argile	0 002 mm	Sédimentation (Pipette ou décantation)
Limon	0.02 mm.	Sédimentation ou lévigation
Sable fin .	0 2 mm	Lévigation
Sable grossier	2 mm	Tamisage

La I[re] Commission de la Science du Sol suggère : « les fractions inférieures à 0.02 seront déterminées par décantation par la méthode à la pipette; les fractions comprises entre 0 02-0.2, par lévigation; et celles supérieures à 0.2, par tamisage »

5. - Remarques.

1° L'analyse mécanique nécessite les déterminations complémentaires (19) suivantes :

a) Humidité retenue à 105°. Il suffit de sécher un poids de terre connu à 105° dans un creuset et de peser après pour obtenir la perte à 105° (DEMOLON).

b) Détermination de la matière organique totale constituée par les résidus végétaux ± décomposés (DEMOLON).

c) Détermination de la perte par mise en solution qui sera surtout importante pour les sols à carbonates terreux (PIPER) et qui donnera la perte par H_2O_2 et HCl. On peut simplement aussi faire la perte par traitement HCl (PIPER).

d) Perte à la calcination (PIPER).

On peut aussi déterminer la perte à la calcination. Dans le cas de certains de nos sols congolais (sol latéritique) cette perte à la calcination contiendra non seulement la matière organique, mais aussi l'eau de constitution de ces argiles et des oxydes de fer hydratés.

(2°) GESSNER (38) recommande (pp. 188-189) :

« Chaque analyse mécanique sera faite en *double*, suivant en cela un principe immuable en chimie analytique. »

La concordance de deux analyses mécaniques, obtenue en travaillant à la même concentration, n'est pas encore une preuve de l'exactitude des résultats; elle indique seulement que la sédimentation s'est poursuivie sans être influencée par la coagulation.

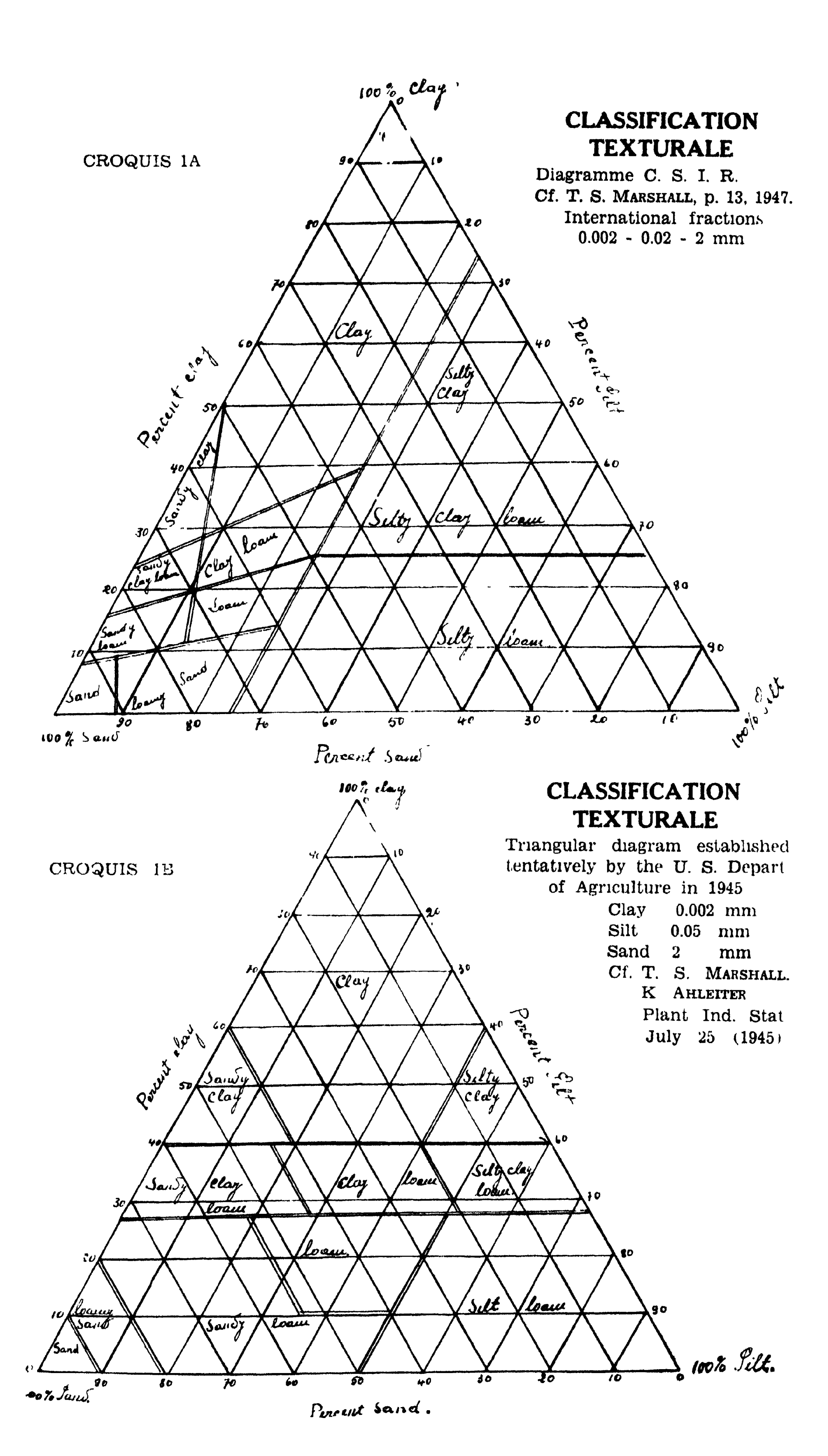
Or, la coagulation dépend de la concentration du système, remarque cet auteur; dès lors nous ferons nôtre sa conclusion. « Ce n'est que lorsqu'une analyse mécanique a été faite à différentes concentrations et a donné les mêmes résultats qu'on peut considérer ceux-ci comme exacts. »

II. — PORTEE, UTILISATION ET PRESENTATION GRAPHIQUE DE L'ANALYSE MECANIQUE

L'analyse mécanique nous renseigne sur une des propriétés intrinsèques du sol, la répartition des éléments granulométriques ayant une influence sur sa constitution physique et, partant, sur son pouvoir d'érodibilité. Sans doute remarquerons-nous avec DEMOLON « que l'analyse mécanique en elle-même est insuffisante pour définir un sol au point de vue de ses propriétés physiques », mais elle nous fournit cependant des renseignements de première importance. Elle nous est utile pour un premier dégrossissement qui, d'un point de vue pratique et d'un point de vue classification, nous permet de ranger nos sols en catégories à constitution élémentaire différenciée Nous pouvons dès l'abord distinguer deux extrêmes nettement distincts : les argiles lourdes et les sables. Entre les deux, s'étagera une gamme de valeurs et de possibilités qui fournira au praticien et au prospecteur des renseignements de première valeur.

Il faut cependant être prudent quant aux conclusions à tirer des chiffres fournis par le laboratoire; n'oublions pas que les diverses particules du sol n'ont pas les mêmes propriétés, ni surtout la même manière de comportement, et qu'enfin des sols de composition élémentaire quasi semblable peuvent ne pas présenter des propriétés structurales identiques

Malgré ces réserves, il n'en reste pas moins que l'analyse mécanique garde une importance considérable surtout pour le prospecteur et qu'il est bon que les mots employés dans la description des profils correspondent à des chiffres établis en laboratoire


CROQUIS 1A
CLASSIFICATION TEXTURALE
Diagramme C. S. I. R.
Cf. T. S. MARSHALL, p. 13, 1947.
International fractions
0.002 - 0.02 - 2 mm
100% Clay
Percent clay
Percent silt
Percent sand
100% Sand
100% Silt
Clay
Silty Clay
Sandy clay
Silty clay loam
Clay loam
Sandy clay loam
Loam
Sandy loam
Silty loam
Sand
Loamy sand
CROQUIS 1B
CLASSIFICATION TEXTURALE
Triangular diagram established tentatively by the U. S. Depart of Agriculture in 1945
Clay 0.002 mm
Silt 0.05 mm
Sand 2 mm
Cf. T. S. MARSHALL.
K AHLEITER
Plant Ind. Stat
July 25 (1945)
100% clay
Percent clay
Percent silt
Percent sand.
100% Silt.
Clay
Sandy Clay
Silty Clay
Sandy clay loam
Clay loam
Silty clay loam
Loam
Silt loam
Sandy loam
Loamy sand
Sand

C'est pour cela qu'on s'est proposé de traduire en graphiques les résultats fournis par l'analyse mécanique.

a) ROBINSON (63) « porte en abscisse les vitesses de chute et en ordonnée les pourcentages accumulés des divers fractionnements successifs. » (DEMOLON). Cette méthode permet d'obtenir des courbes d'allure variable pour les sables, les limons, les argiles, etc.

b) LAGATU (64) « utilise les coordonnées trilinéaires prenant comme variable, argile, sable fin, sable grossier ou argile, calcaire, sable siliceux (méthode Schloesing). Deux de ces éléments fixent d'ailleurs le troisième, leur somme étant considérée égale à 100 » (DEMOLON).

c) En 1934, J A PRESCOTT, J. K TAYLOR et T J. MARSHALL (65) ont fourni un diagramme triangulaire (C. S. I. R) basé sur l'analyse mécanique et la description donnée par le prospecteur. Ils ont également comparé leur diagramme à celui proposé en Amérique par DAVIS et BENNET en 1927.

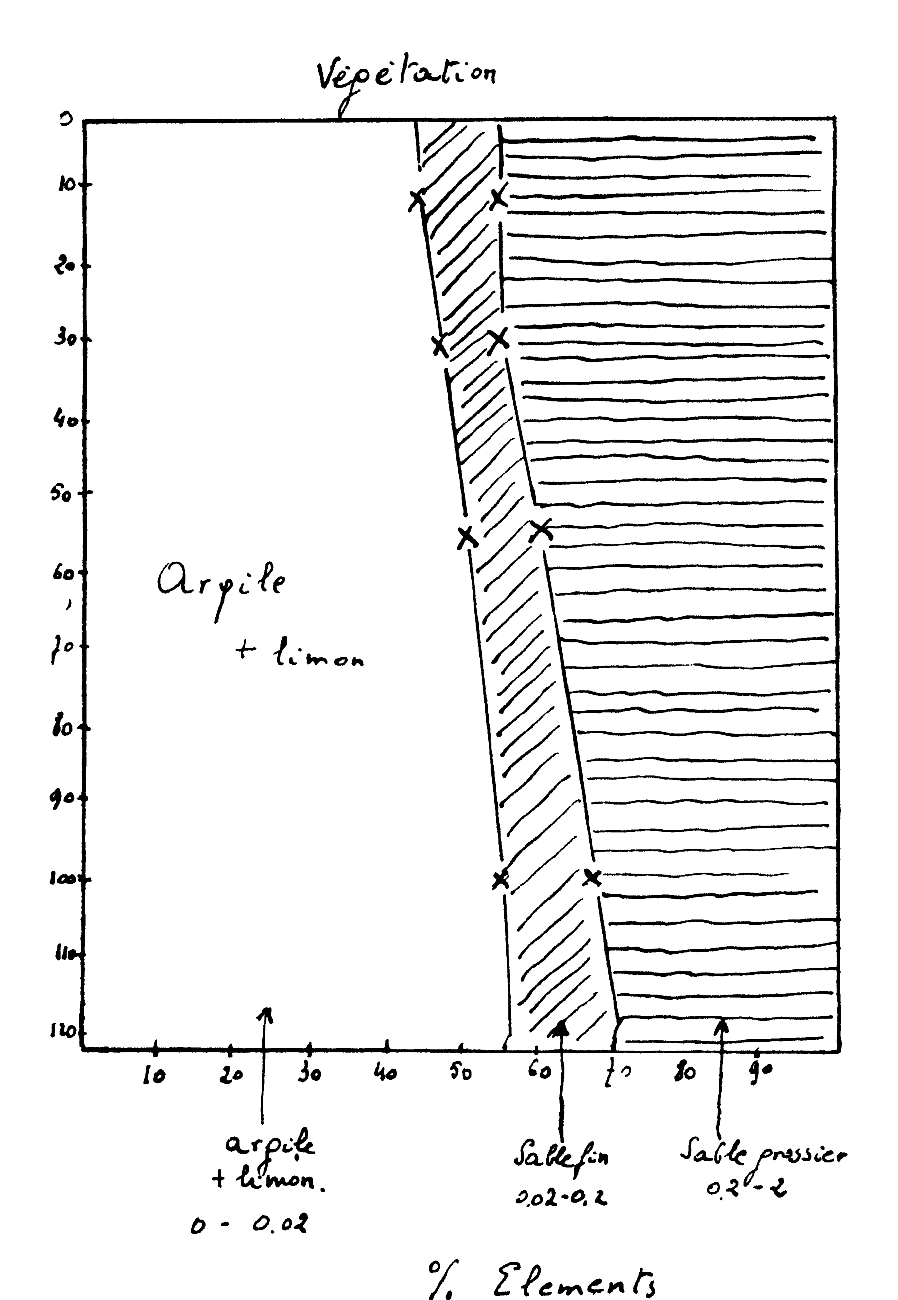
d) On peut aussi représenter les résultats de l'analyse mécanique au moyen de la table de granulation d'après KRAUSS

« Dans la figuration par les logarithmes, toutes les fractions sont représentées sur l'axe des abscisses par un segment de même longueur Les hauteurs des rectangles surmontant ces segments sont avec ce procédé directement proportionnelles aux quantités, si bien que les parties procentuelles peuvent être déduites de la lecture des ordonnées. » (GESSNER) (38)

e) KENNETH ABBEITER (1945) (66) a donné un triangle équilatéral, pour la classification texturale des sols des Etats-Unis, après discussion et avis des diverses Commissions intéressées. Il tient compte du % sable (2 mm), % limon (0.05 mm), % argile (0.002 mm), le sable + limon + argile 100. Il ramène à onze, les catégories dans lesquelles on peut ranger les sols et il donne pour chacun les limites de variation des éléments. A chacun des termes employés pour caractériser la texture d'un sol correspond une région du triangle. Remarquons que la limite du limon est 0.05 et non 0.02 comme dans la méthode internationale : cela rend la comparaison assez difficile. Il est à noter, de plus, que six des classes proposées ont trait au limon « loam » alors que, d'autre part, LYON et BUCHMAN prétendent que la « loam class » est la plus difficile à expliquer.

f) T. J. MARSHALL (1947) (67) propose un nouveau diagramme triangulaire, triangle équilatéral dont les pourcents d'argile, limon + sable égalent 100 avec les limites internationales des dimensions de ces éléments. Il compare ensuite son diagramme à celui de KENNETH ABBEITER (1945).

Une conversion grossière du diagramme U.S.A. en échelle internationale, diagramme C.S.I.R. montre que pour les classes avec une teneur modérée ou élevée en limon, la relation entre les deux stan-



CROQUIS 2.

Sol jaune non graveleux *Mwindjana.*

dards est satisfaisante. Par contre, il y a une différence très forte entre la limite du % d'argile pour les faibles teneurs en limon.

Enfin, l'auteur présente un autre type de graphique basé sur la teneur en argile et la grosseur moyenne de la fraction non argile

g) Dans l'étude du sol, on peut encore représenter les teneurs en éléments de l'analyse mécanique en fonction de la profondeur des échantillons.

Voir croquis ci-joint pour 3 classes seulement.

AUBERT (in DEMOLON) (1) tient compte de six classes : argile, limon, sable fin, sable grossier, calcaire, matière organique.

h) R. L. JAMES (68) exprime les résultats en prenant le logarithme du temps (40 sec. à 16 h) en fonction du logarithme de la lecture à l'hydromètre de Bouyoucos et obtient pour chaque sol une droite caractéristique.

Les diagrammes décrits sont les plus courants.

III. — L'ANALYSE MECANIQUE DES SOLS CONGOLAIS

1° *Historique.*

La méthode internationale fut appliquée au laboratoire du Prof. BAEYENS (69) pour l'analyse de terres provenant du Bas-Congo.

L'auteur insiste sur le mode de dispersion qui doit être adapté aux sols tropicaux, il conclut d'ailleurs que « la soi-disant argile ou matière colloïdale des terres tropicales est en partie un magma de composés de fer précipité. »

A Yangambi, lors de la création du Laboratoire de Pédologie, la même méthode fut employée sans grandes modifications. (H_2O_2 — HCl — NH_4OH).

Durant la guerre, faute d'H_2O_2, celle-ci fut remplacée par $KMnO_4$ pour la destruction de la matière organique. Le mode opératoire fut modifié :

— 40 cc. de $KMnO_4$, N/5 + 20 cc. H_2SO_4 à 10 %.
— HCl — N/5 — 20 cc
— NaOH N/10 — 20 cc. (Méthode Neyberghs).

Le tableau I donne quelques résultats obtenus par cette méthode et par la méthode ordinaire.

De même, la méthode de CHAKRABORTY avec $KMnO_4$ et HOx puis dispersion à NaOH fut essayée : les résultats sont consignés dans le tableau II.

Il ressort assez clairement que $KMnO_4$ donne des résultats toujours divergents pour la méthode Chakraborty qui fut rejetée, mais se rapprochant davantage par simple destruction de la matière organique par $KMnO_4 + H_2SO_4$ et lavage. Les meilleures concordances furent obtenues en passant directement à HCl et NH_4OH, tout au moins pour les horizons de profondeur.

Il est cependant préférable d'employer H_2O_2 pour que les résultats anciens restent comparables à ceux d'auourd'hui et l'on est revenu à son usage. le réactif se trouvant à nouveau dans le commerce.

TABLEAU I.

N° Coll.	Prof	KMn O⁴ — HCl — NaoH				H²O² — HCl — NH⁴OH			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
3.790	0.25	42.1	16.5	12.3	29 1	37.2	21 2	11 5	30 1
3 791	0.50	41.7	17.4	13.9	27 0	36 7	21.3	12.2	29 8
3 792	0.80	40.3	18.8	13 3	27 5	31 4	23.5	14.3	31 0
3 793	1 10	43.3	20.7	11.8	24.2	38 2	24 1	14.1	23.7
3.839	0 30	48.2	12.7	12 8	26.3	67.8	5.2	8 5	18 9
3.840	0.70	70.0	10.0	7 4	12.6	66.3	11.5	8.1	14 1
3.841	1 10	71.5	10.4	5 3	12 8	70.6	8.5	7 3	13 1
3.842	Surf.	58 1	19 7	5 6	16 6	60 1	15.8	9.3	14 8
3.843	0.30	46.9	22.8	7 3	23 0	43.4	19.4	13 3	23 9
3.844	0.60	46.6	21.0	9 0	22.6	54.0	7.5	13 6	24 9
3.845	1.00	48 3	22.4	8 [illegible]	21.0	48 3	14.3	13.8	23 9
3 846	1.25	51 4	21.6	9 3	17.7	52 8	16 5	11 8	19 9
3.996	0 25	26.9	3 4	17.9	51 8	49 5	9 4	3 1	38.0
3.997	0.55	31.2	4 5	16 5	47.9	55.2	9 5	2 0	33.3
3.998	0.85	29.2	7.0	16 5	47.3	60.9	8.5	1 8	28 9
3.999	1.20	63.0	12 7	6 3	18.0	65 9	8 4	1.2	24 5
4.001	60.00	55.8	17.3	7 3	19 6	53.3	13.7	3 6	29 4
4.002	1 10	58.5	20 0	6 8	14.7	57 7	13.7	3.4	25 2

(*) Quand + de 5 % de différence dans les chiffres d'argile

TABLEAU II

N° Echantillon	Argile avec H²O²	(Méthode Chakraborty) Argile avec KmnO⁴
7.154	37.1	30.1
7.155	43.1	30.0
7.159	36.8	24 7
7.160	43.1	30.5
7.161	44.5	33.4
7 164	40.4	25.9
7 165	40.6	32 1
7.175	36.5	22.2

Actuellement. la méthode employée à Yangambi (Dir. KUCZAROW) est la suivante : Peser 10 gr. de terre passée au tamis de 2 mm Détruire la matière organique par H_2O_2 à 6 % dans un vase de Berlin, forme haute, en chauffant sur un bain de sable en agitant. Après refroidissement, ajouter 200 cc de HCl à 20 %. Laisser reposer; éliminer l'acide par quelques lavages et décantations successives à l'eau,

en s'assurant du départ de l'acide chlorhydrique au moyen de $AgNO_3$. Ajouter dans le vase de Berlin 10 cc de NaOH 1/25 N. Transvaser quantitativement dans les cylindres d'Atterberg et porter la hauteur de l'eau à 30 cm.

Bien homogénéiser en secouant. Si l'on travaille à 3 fractions, après 15 minutes, siphoner pour enlever argile + limon. Répéter l'opération en ajoutant de l'NH_4OH 0,1 N jusqu'à obtention d'un liquide clair, en siphonant afin d'enlever argile + limon (temps 12 minutes dans le cylindre d'Atterberg). On arrivera ainsi à ne laisser dans le cylindre que les sables.

Quand on travaille à 4 fractions, on sépare d'abord l'argile après 8 heures dans le vase de Berlin (colonne d'eau 10 cm.) puis le limon dans le cylindre d'Atterberg après 12 minutes, comme plus haut, mais en recueillant le limon jusqu'à clarification; il est alors séché et pesé Il ne restera dans le cylindre que les sables comme plus haut.

Après une dernière décantation à l'eau distillée, on ramène le contenu du cylindre sur un filtre sec et taré. On sèche alors les sables à 105°. On les sépare ensuite au moyen du tamis de 0.2 mm. et l'on pèse chacune des fractions : sable grossier et sable fin. Quand on travaille à trois fractions, la somme argile plus limon est obtenue par différence en soustrayant de 10 la somme des sables. La fraction argile est obtenue, quand on travaille à 4 fractions, en soustrayant de 10 la somme *sables + limon*.

TABLEAU III.

	Argile	Limon	Sable fin	Sable grossier
Yangambi				
5997 surf	23.4	0.8	3.0	73.8
6002 surf	21 9	1.1	2.5	75 5
Mokaria				
6030 surf	64.5	0.6	3 5	31.4
6031 1.00 m	61.6	0.7	5.1	33.6
6032 2.00 m	71.4	1.2	4.2	28.6
Nioka				
7022 0.30	40.8	8.2	8.8	42.2
7024 1.00 m	45.1	4.9	6.6	43.4
7031 0.50	60.8	3.0	8.7	23.0
Kwango				
7115 surf	6.2	0.1	9.9	83.8
7139 surf.	5.0	0.1	9.4	85.5
7154 0.20	37.1	1.7	7.9	53.3
7157 1.00	48.1	1.3	6.6	44.0
7168 0.50	43.8	2.6	5.8	47.8
Uelé				
9598 0.75	37.0	0.1	10.2	52.7
10048 1.60	72.6	4.3	19.7	19.7

2° *Constatations.*

a) *Absence de limon.* D'un grand nombre d'analyses exécutées à Yangambi pour des terres congolaises, il fut constaté que le limon ne représentait, le plus souvent, que des quantités insignifiantes. Voici quelques exemples illustrant cette constatation (voir Tableau III).

Vu l'absence de limon dans les terres analysées, il fut décidé de ne plus déterminer que trois fractions, quand on est en présence de types de sols connus, avec des quantités de limon insignifiantes.

b) *Matière organique.* On a pu aussi constater que la matière organique ne représente jamais des grandeurs importantes dans les résultats obtenus en laboratoire; l'erreur commise en la laissant dans la partie colloïdale de la fraction I ou I + II est insignifiante.

Avec des types de sols non encore investigués on commence d'abord par déterminer les 4 fractions, puis on continue suivant l'absence ou la présence de limon avec l'un ou l'autre des procédés.

On déterminera donc argile, limon, sable fin, sable grossier ou argile + limon, sable fin, sable grossier.

c) *Perte à la calcination.* — Nous donnons ici quelques chiffres obtenus.

TABLEAU IV

N°	Perte %	Classe texturale	
11.361	1.0	Kwango	sablonneux
11.382	0.5	»	»
11.389	1.4	»	»
11.392	1.8	»	»
11.399	2.3	»	»
11.799	1.1	»	»
15.717	4.5	Ubangi	argilo-sableux
15.718	5.3	»	»
15.721	3.5	»	»
15.722	3.7	»	»
18.348	5.4	Yangambi	sablonno-argileux
18.358	5.7	»	»
18.392	5.1	»	»
18.403	4.9	»	»
18.848	4.7	»	»
20.424	7.3	Lomami	argilo-sableux
20.444	7.5	argiles	
20.445	8.9	»	
20.485	9.4	»	
20.486	9.0	»	
20.497	9.4	»	

d) *Perte par la mise en solution.* — Nous avons constaté expérimentalement que les valeurs obtenues sont très peu élevées (< 1 %) et ne doivent pas être prises en considération pour la majorité de nos sols.

e) L'eau à 105° ne constitue pas une valeur suffisamment grande pour provoquer une aberrance marquée des résultats (Tableau V).

TABLEAU V.

N°	Perte %	Classe texturale	N°	Perte %	Classe texturale
		Kwango			Yangambi
11.361	0.40	sablonneux	18.348	1.31	sablonno-argileux
11.382	0.20	»	18.358	1.62	»
11.389	0.90	»	18.392	1.41	»
11.392	0.90	»	18.403	1.41	»
11.399	0.80	»	18.848	1.52	»
11.799	0.30	»			
					Lomami
		Ubangi	20.424	2.88	argilo-sableux
15.717	2.66	argilo-sableux	20.444	3.62	argiles
15.718	2 77	»	20.445	3.41	»
15.721	1.52	»	20.485	3.73	»
15.722	1 72	»	20.486	3.09	»
			20.497	4.05	»

f) Une autre source d'erreur est à notre avis l'entraînement de sable fin avec le limon et l'argile lors des premiers siphonages. Il y aurait lieu de ne pas siphoner les premières fois après 15 ou 12 minutes, mais après un temps plus long pour arriver graduellement au temps exact de 12 minutes. En résumé, il y a donc plusieurs sources d'erreur qu'il y aurait lieu d'éliminer systématiquement. Il n'en reste pas moins que les résultats sont comparables entre eux, et il est possoble d'en tirer parti en corrélation avec le travail sur le champ exécuté par le prospecteur.

3° *Représentation graphique et signification de noms pour la prospection.*

A) *Examen de terres congolaises.*

Le triangle américain de K. ABBEITHER pas plus que celui de T. J. MARSHALL n'est applicable, à cause de trop faibles teneurs en limon : nous proposons de prendre les trois variables : (argile + limon); sable fin; sable grossier, et de voir les classes que nous pourrions trouver pour les différents sols congolais.

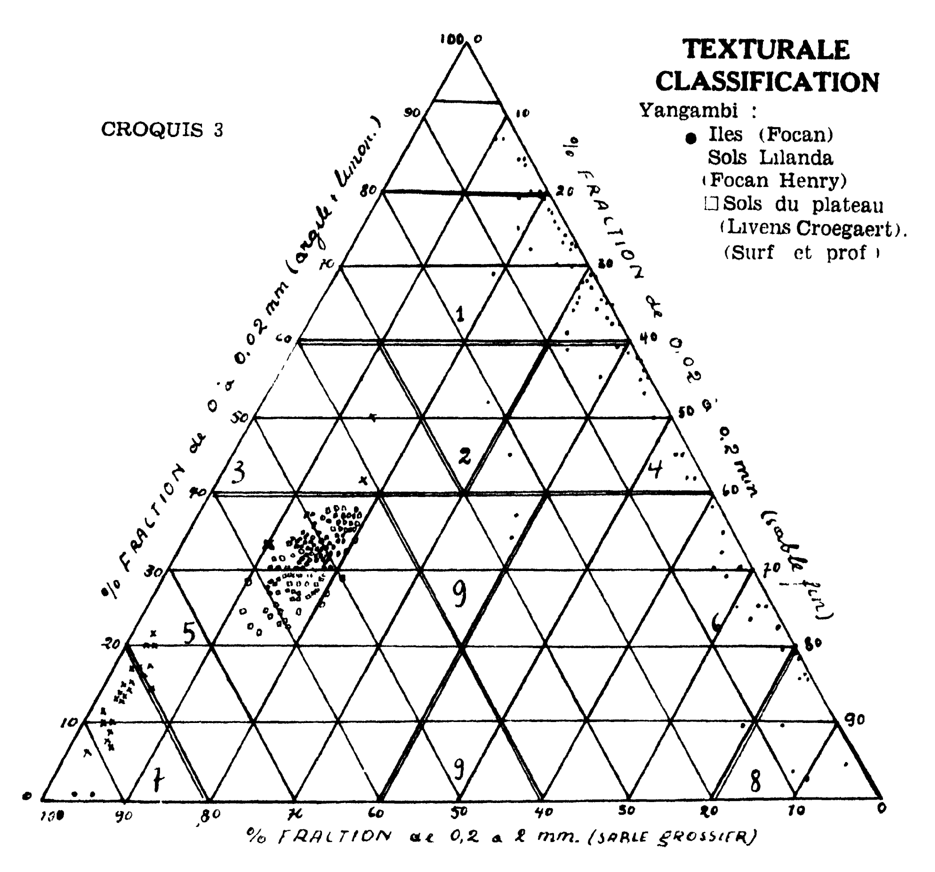
Les mots sablonneux et sablonno seront attribués aux fortes teneurs en sable grossier, tandis que sablo et sableux seront réservés aux sables fins. Le mot argile aux teneurs élevées en argile + limon.

Si, enfin, la terre contenait au-dessus de 15 % de limon, on lui donnerait le nom limoneux avant le restant de l'appellation.

On trouvera ci-après plusieurs croquis établis avec des analyses exécutées par le laboratoire d'analyses de Yangambi (sous la direction de M. KUCZAROW) sur des sols de différentes régions du Congo Belge.

a) *Sols de Yangambi.* On peut voir dans le croquis 3, ci-annexé, que les sols de Yangambi se situent tous dans la même région du triangle et appartiennent tous à ce que nous appelons des *sols sablonno-argileux.*

b) *Les sols de Lilanda,* par contre, se situent en majeure partie dans la région 7 du triangle et appartiennent au type *sol sablonneux.*



c) *Les sols des îles* de la région de Yangambi présentent d'abord une teneur en limon dépassant 15 %, et, de plus, ont une teneur en sable grossier très faible, sauf pour quelques exceptions. Ces sols se situent surtout dans les régions 1, 4, 6 du triangle; ce sont des *argiles limoneuses, des sols limoneux, argilo-sableux ou sols limoneux sablo-argileux.*

B) a) Les sols de M'Vuazi *(croquis 4)* se situent tous pour les exemples choisis dans la région 4. Il s'agit donc de sols *argilo-sableux*, nous ignorons si ce limon s'y présente sous une fraction de quelque importance et, de ce fait, nous ne pouvons employer la dénomination « limoneux ».

b) Par contre, les sols rouges des Uelé, choisis dans une prospection antérieure, se disséminent dans les régions 1, 2 et 3 du triangle.

c) Les sols du Kwango se groupent eux dans deux zones distinctes régions 6 et 7. *Sols sablonneux* et *sablonno-argileux*.

C) Les sols du Lomami *(croquis 5)* et quelques sols du Kivu se groupent au-dessus de 40 % d'argile, en 4 classes distinctes, 1, 2, 3, 4 Les argiles du Kivu pourraient se classer dans les argiles lourdes

(+ de 80 % d'argiles). Les autres se classent dans les sols argileux, les sols argilo-sablonneux et les sols argilo-sableux.

D) a) Les sols de l'Ituri *(croquis 6)* se situent au-dessus de 50 % d'argile et surtout dans les régions 1 et 2 du triangle — argiles, sols argileux et quelques sols argilo-sablonneux.

b) Ceux de l'Ubangi, par contre, se groupent en dessous de 50 % d'argile, en sablonno-argileux et sablo-argileux en surface, avec une tendance vers l'argilo-sablonneux et l'argilo-sableux en profondeur. Quelques-uns arrivent dans les sables argileux

PROPOSITION D'UNE NOMENCLATURE

Le triangle peut se diviser en 9 classes distinctes correspondant à ces types texturaux existant au Congo Belge *(croquis 5)*.

1re classe. — Les *argiles* ayant 60 % d'argile + limon et la somme des sables grossiers et fins entre 0 et 40 %.

On pourrait parler d'argile lourde quand la somme argile limon excède 90 %. Remarquons, d'autre part, que ces argiles sont souvent latéritiques.

2me classe. — *Les sols argileux* quand l'argile est comprise entre 40 % et 60 %, les sables fins entre 10 % et 30 % et les sables grossiers également entre 10 % et 30 %

3me classe — Les sols sont argilo-sablonneux lorsque l'argile est comprise entre 60 % et 40%, le sable grossier entre 30 % et 60 % et les sables fins de 0 à 30 %

4me classe. — Par contre, on parlera de *argilo-sableux* quand l'argile restant entre 60 % et 40 %, le sable fin passe de 30% et 60 % et le sable grossier rétrogradant entre 0 et 30 %.

5me classe — Les sols seront *sablonno-argileux* lorsque le sable grossier atteindra une proportion de 40 % à 80 % avec une argile de 0 à 40 % et un sable fin de 0 à 40 %.

6me classe. — Les sols *sablo-argileux* auront par contre de 40 % à 80 % de sable fin, avec une teneur en argile de 0 à 40% et un sable grossier de 0 à 40 %.

7me classe. — Les sols *sablonneux* contiendront au moins 80 % de sables grossiers (80 % à 100 %), l'argile et le sable fin compris entre 0 et 20 %.

8me classe. — Les sols *sableux* auront une teneur en sable fin de 80 % à 100 %, l'argile et le sable grossier compris entre 0 et 20 %.

9me classe. — Nous créerons une classe de plus avec les *sables argileux*. On pourrait parler de *sables argileux* pour les proportions suivantes :

40 % à 60 % sable fin.
40 % à 60 % sable grossier.
0 % à 20 % argile.

CROQUIS 4.

CLASSIFICATION TEXTURALE

- ● Uele (Sélect. éch. sols rouges (de prof. Focan-Germain).
- × Vuazi (Bas-Congo) (Ech. stat.) Surf. et prof.
- □ Kwango (Ech. Hardy) Surf et prof.

% FRACTION de 0 à 0,02 mm (argile limon)

% FRACTION de 0,02 à 0,2 mm (sable fin)

% FRACTION de 0,2 à 2 mm (SABLE GROSSIER)

CROQUIS 5.

CLASSIFICATION TEXTURALE

Kivu (Ech. Stat. Mulungu)

- ● Mulungu argiles lourdes < 80 %.
- ● Kalama Argilo-sableux et sablo-argileux Surf. et prof.

Lomami (Mission Focan)

- × Sol du granit. - Luha
- □ Sol rouge - Kaniama.
- v Sol rouge - Luhischi. Prof. seulement.

% Fraction de 0 à 0,02 mm (argile + limon)

Fraction de 0,02 à 0,2 mm (sable fin)

% Fraction de 0,2 à 2 mm (sable grossier)

CROQUIS 6.

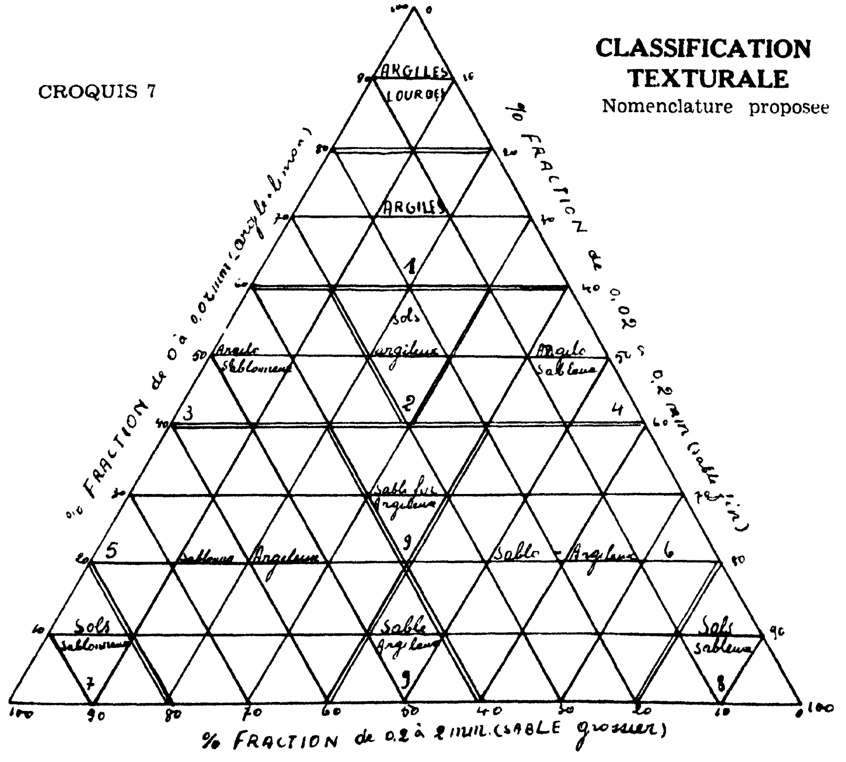
CLASSIFICATION TEXTURALE

● Ituri (Focan-Croegaert) Prof.
× Ubangi (Croegaert) Surf. et Prof

% FRACTION de 0 à 0,02 mm (argile + limon)

% FRACTION de 0,02 à 0,2 mm (sable fin)

% FRACTION de 0.2 à 2 mm (SABLE grossier)



et de *sables fins argileux* pour une répartition de :

20 % à 40 % sable grossier.
20 % à 40 % sable fin.
20 % à 40 % argile.

IV — RELATION AVEC LA PROSPECTION

Il a donc été possible de reconnaître 9 classes dans le triangle proposé, nombre limitatif.

Il faut maintenant les appliquer sur le terrain, et la chose est possible comme suit. Faute de classe texturale exacte admise pour le Congo, le prospecteur pourra appliquer une méthode analytique rapide sur le terrain et voir, au moyen du triangle, la classe texturale des types de sols rencontrés. Il acquerra aisément par la suite le doigté voulu pour qualifier texturalement les terres en se passant de l'analyse

La suite des opérations à réaliser en champ et dans un petit laboratoire ambulant est la suivante ·

a) En examinant le sol, *in situ*, le prospecteur se rend aisement compte de la présence de corps étrangers, concrétions, pierres, graviers. Dès lors, la première chose à faire est de prélever un échantillon de sol en place pour déterminer le % de refus au tamis de 2 mm CLARKE (70) a récemment proposé pour les régions pierreuses de déliminer un quadrat de 15 sur 15, de compter les pierres et d'en décrire la grandeur et la nature. On estime ensuite leur couverture du sol, puis on fait un trou de 15 cm. pour prélever un échantillon sur lequel on déterminera le refus. On effectuera alors l'analyse mécanique. Nous ne pensons pas qu'il faille prendre, si ce n'est pour des études spéciales, tant de précautions en Afrique.

Une prise d'échantillon normale pour chaque horizon suffira. L'échantillon sec sera pesé, puis tamisé au tamis de 2 mm.; le refus à ce tamis sera aisément calculé en %.

Le prospecteur pourra alors qualifier son sol :

Graveleux, lorsque l'on rencontrera des morceaux de quartz ou débris de roches de + 2 mm. jusqu'à 10 mm., par exemple.

Pierreux, débris de roches de 10 mm. et plus de diamètre

Quartzeux, débris de quartz de plus de 10 mm. de diamètre

Limoniteux, petites concrétions de 2 à 5 mm. de diamètre (bean shaped).

A blocs de latérites, lorsqu'il y a des blocs à la surface du sol.

A cendrées, pour les profils volcaniques, lorsqu'il y a des cendrées d'un diamètre de 2 mm. jusqu'à 15 mm.

A lapili, lorsque les cendres atteignent de 15 mm. jusqu'à 100 mm. et même plus. Cette liste peut s'allonger.

Quand le prospecteur aura déterminé le refus, il fera suivre le terme attribué lors du profilage, d'un chiffre : ex. *graveleux, 5,* qui signifiera un profil graveleux avec 50 % de refus au tamis de 2 mm.

Le terme *limoneux* sera, comme nous l'avons dit, appliqué au même titre que pour un corps étranger quand le laboratoire signalera une teneur supérieure à 15 %.

b) Il sera ensuite procédé à une analyse mecanique rapide sur la terre fine dans un petit laboratoire ambulant.

Nous avons appliqué au Lomami une méthode très simple. On néglige l'attaque à H_2O_2 et HCl; on ajoute de la soude (5 paillettes) à 10 gr. de terre dans une colonne d'eau de 10 cm.

Après agitation et repos de 5 minutes, on siphonait pour enlever argile et limon. On ajoutait, par après, 4, puis 3, 2 et 1 paillettes dans l'eau et l'on achevait avec de l'eau à faible concentration de NaOH, jusqu'à obtention d'un liquide clair Il faut éviter une concentration trop grande qui provoquerait la floculation. Quand il ne reste plus que le sable, on sèche, pèse et obtient ainsi deux fractions, argile + limon et sable grossier + sable fin. On pourrait compléter cette méthode de prospection de la façon suivante Comme précédemment, enlever argile + limon après agitation avec de la soude en siphonant non après 5 minutes, les premières fois, mais après une ou deux heures, par exemple, pour ne pas entraîner de sable fin, puis par la suite après 5 minutes pour obtenir un liquide clair.

Quand, dans le verre, il ne reste plus que le sable fin et le sable grossier, on sèche, puis tamise avec des tamis appropriés et pèse chacune des fractions séparément On a ainsi le sable fin et le sable grossier; en soustrayant de 10 ces derniers, on obtient la quantité d'argile + limon.

En possession de ces chiffres, on peut alors déterminer la classe texturale au moyen du triangle proposé.

La nomenclature du sol examiné pourra ainsi être complétée

Exemples. — Sol graveleux 3, argilo-sablonneux (5-1-4).

Sol sablonno-argileux (3. 2. 5.)

Le premier exemple signifie un sol graveleux avec 30 % de refus, ayant dans la terre fine ± 50 % d'argile, ± 10 % de sable fin et ± 40 % de sable grossier. Nous employons dans un autre ordre les chiffres de notation comme l'ont proposé DESAI S. V., VYAS N D. and BATRA K. C. (71). Le second exemple, par contre, signifie qu'il n'y a pas de refus et que nous avons un sol avec 30 % d'argile, 20 % de sable fin et 50 % de sable grossier. Lorsque le prospecteur se passera de l'analyse, il ne donnera plus que la classe texturale et plus les chiffres, car il est certain qu'il ne tardera pas à acquérir rapidement un doigté lui permettant de classer un sol sans devoir recourir à l'analyse.

V. — COEFFICIENT D'EFFICACITE

Il est évident que l'analyse mécanique ainsi déterminée et appliquée sur le terrain pour arriver à pouvoir conférer rien qu'au toucher une classe texturale n'est que partiellement et imparfaitement apte à caractériser un sol d'un point de vue colloïdal.

Comme le font remarquer T. A. SHAW et L. T. ALEXANDER (72), « les matériaux colloïdaux du sol varient fortement en qualité » et ces auteurs proposent un *coefficent d'activité* pour corriger les résultats analytiques de l'analyse mécanique.

Pour les argiles latéritiques qui, comme le dit CASTAGNOL (73), avec une dispersion très forte doivent aboutir à une véritable pulvérisation des particules, il est certain qu'il y a lieu de déterminer *un coefficient d'efficience* de ce que nous considérons comme colloïdes totaux (argile + limon, matière organique, eau à 105°, eau de constitution, etc.) Dans une autre note présentée à ce Congrès (A. FOCAN, J. D'HOORE et J. FRIPIAT), quelques rapports (argile + limon) sur fer libre ont été déterminés et donnent pour des types de sol des valeurs différentes; il y aurait lieu de pousser plus loin cette étude et de voir si par là nous n'aurions pas un correctif permettant de distinguer entre elles les diverses argiles.

A la classe texturale s'ajouterait donc un coefficient d'efficience qui permettrait de distinguer des variantes dans ces classes en fonction de l'état du colloïde. Ce coefficient d'efficience exprimerait en quelque sorte la quantité réelle d'argile et sa valeur.

VI — CONCLUSION

De la revue bibliographique, il ressort que la méthode internationale A, proposée par la 1re Commission de la Science du Sol, sans être parfaite, est d'application dans beaucoup de cas, soit par sédimentation et tamisage, soit à la pipette et tamisage, soit à l'aréomètre et tamisage. Aucune autre méthode n'est réellement transcendante

La représentation graphique la plus employée est le triangle équilatéral dont T. J. MARSHALL pour l'Australie et KENNETH ABBEITHER pour les U.S.A. ont fourni récemment deux exemples concrets et examiné la relation avec la dénomination du prospecteur *in situ*.

Vu l'absence de limon dans les résultats d'analyse mécanique obtenus au Congo Belge en appliquant la méthode internationale avec sédimentation dans le cylindre d'Atterberg, on ne détermine plus que trois fractions argile + limon, sable fin, et sable grossier. Ces deux dernières par tamisage, la fraction argile + limon par sédimentation (colonne de 10 cm. dans vase de Berlin forme haute ou de 30 cm. dans le cylindre d'Atterberg.

Un nouveau triangle avec argile + limon, sable fin et sable grossier est proposé. Il a permis de définir 9 classes texturales pour les sols du Congo Belge.

Une méthode rapide est proposée également pour permettre au prospecteur de contrôler ses appellations et d'en arriver à des dénominations correspondant à une classe texturale bien définie par une région du triangle.

Il est à noter cependant qu'un coefficient d'efficience devrait être déterminé pour compléter la classe texturale surtout en ce qui concerne les argiles latéritiques.

BIBLIOGRAPHIE

1 DEMOLON — *La Dynamique du Sol.* Paris, Dunod, 1938

2 LYON and BUCHMAN — *The Nature and Properties of Soil.* Mac Milan, New-York, 1943

3 GOLLAN — *The application of controlled dispersion to the textural grading Soils* Soil Science, 55, p 417, 1943

4 BEALE, O W — *Dispersion of lateritic soil and the effect of organic matter on mechanical analysis* Soil Sc. 48, 1939 (475-480).

5 J J. FRIPIAT. — *Notes sur le comportement vis-à-vis de l'eau de quelques sols du Congo Belge* (présentées à ce congrès).

6 T J MARSHALL — *Mechanical composition of Soil in Relation to field Description of Texture* 1947 Melbourne Council for Scientific and Industrial Research. 224.

7 BOUYOUCOS — *The Hydrometer as a new and rapid Method of determining the colloïdal Content of Soils.* Soil Science, 23, 319-330, 1927, 343-350, 1927

8 J FRIPIAT et J D'HOORE — *Recherches sur les variations de structure du sol à Yangambi, Congo Belge.* Série Scientifique Inéac (à paraître).

9. TIUYLIN. — *The composition and structure of soil organo-mineral gels and soil fertility.* Soil Science, 45, 1938, pp. 343-357.

10 ROCHETTI. — *Soil organic matter in tropical climates.* Riv. Agric. Subtrop 41, 1947, 234-247. Résumé S. F. Vol. XI, 2, p. 106.

11 *Compte rendu du Deuxième Congrès International de la Science du Sol.* Moscou, 1930

12 LOUGHRY, F. G et CONREY, G. W. — *The use of sodium oxalate and carbonate soils for mechanical analysis.* Trans Int. Soc. Soil Sci. Comm. I Versailles, 1934 (29-40).

13. NOVAK. — *Vorbehandlung der bodem problem zur mechanichaschen bodemanalyse* Deuxième Congrès Int. Soil Sc. Moscou, 1930.

14 CHAKRABORTY, J. N. — *The applicability of alkaline permanganate for oxidation of organic matter in soils for mechanical analysis* Soil Sc. 42, 1936 (261-266).

15. PURI, A. N., SAMP, A. — *The destruction of organic matter in the preliminary treatment of soils for mechanical analysis.* Soil Sc. 44, 1937 (87-89).

16 R. CERIGHELLI. — *Sur l'analyse mécanique des terres d'Indochine.* C. R. Première Commission Int. Sc. du Sol, Versailles, 1934.

17. DROSDOFF, M., MILES, E. F. — *Action of hydrogen peroxide on weathered mica.* Soil Sci. 46, 1938 (391-393).

18 CROWTHER, E. M., TROELL, E. — *Oxidation of organic matter in the pre-treatment of soils for mechanical analysis.* Proc 2nd. Int. Congr. Soil Science, 1930. 1.

19 TYNER — *The use of sodium metaphosphate for dispersion of soils for mechanical analysis.* Proc. Soil Sc. Society of America, 1939 (4), 106-113

20. MEURICE. — *The importance of a preliminary dispersion of colloids before mechanical soil analysis by sedimentation* Am Chim Anal soil, 23, 1941. Résumé S F VII 2.

21 CHATTERJEE, B., DAS, B. K. — *Sodium ferrocyanure as dispersing agent in mechanical analysis of soils.* Soil Res 6, 1939 (227-231)

22 PURI, A. N. — *The ammonium carbonate method of dispersing soils mechanical analysis* Soil Sc 39, 1935 (263-270).

22bis. PURI, A N. — *Dispersion of soil for mechanical analysis by sodium carbonate or sodium oxalate treatment.* Soil Sc. 42, 1936 (267-272)

23 COUTTS, J R. N — *Mechanical analysis of some Natal soils* Trans Int Soc soil Sc Commission, I. Versailles, 1934 (41-46)

24 REIFENBERG, A, BRISK, L — *Dispersion agents in mechanical analysis* Soil Res 5 (285-294)

25 DEMOLON et BASTISSE. — *Sur la dispersion des colloïdes argileux (application à leur extraction).* Ann. Agron Tome V 1935, pp 1-15

26 RADET — *Observations sur la séparation de la fraction « argile » dans les terres calcaires de Champagne.* Am Agr n° 9, pp. 572-576

27 AUBERT-LEJAILLE-BONAZZA. — *Observations sur les méthodes d analyse mecanique des terres calcaires.* Ann. Agr n° 9, 1939, pp. 569-572

28. ROBINSON, G. W. — *The dispersion of soil in mechanical analysis* Trans. Int. Soc. Soil Sci Comm I Versailles, 1934 (13-18).

29 OLMESTEAD, L. B., ALEXANDER, L. T. and MIDDLETON, H. E. — *A pipette method of Mechanical Analysis of Soils based on improved dispersion Method.* Tech. Bull. 170. U. S. Dep of Agriculture, 1930

30. KNIGHT, H. G. — *New size limits for silt and clay* Soil Science Society America Proc. 2, 592, 1937.

31 ATKINSON, H. J., TURNMER, R G. - *Soil colloid II. Separation by peptization* Soil Science, 57, 1944, 233-240.

32 TRUOG, E., BATSON, D. M. — *Further improvement in the mineralogical subdivision of fine clay by means of heavy liquid specific gravity separations.* Proc. Soil Sc. America, 1939-1940, 104-105

33 RUSSELL. — *The subdivision of the clay fraction in mechanical analysis* J. of Agr. Science, Vol. XXXIII, 1943.

34. AIDINGAN, R. Kh. — *Séparation of soil colloids without chemical treatment.* Kolloïd'Zh., 9, n° 1, 1947 (3-12). C. A. 41-4598. Résumé S. F. n° 4, p. 408

35 WHITESIDE, E. P., Marshall, C. E — *Studies in the degree of dispersion on the clays III. The two layer methods as applied to the Sharpless supercentrifuge.* Proc. Soil Sc. of America (1933), 4, 1940, 100-103.

36 HOSKING, J. S. — *The use of the Sharpless supercentrifuge in the fractionation of colloïdal material.* Austr. Journ. Comm. Industr. Res. 17, 1944 (23-29).

37 PIPER. — *Soil and Plant Analysis.* Melbourne, 1942.

38 GESSNER. — *L'analyse mécanique*, Dunod, Paris.

39. ASTAPORV. — *Experimental study on the settlingvelocity of elementary particles and micro aggregates in still water.* Pedology, n° 2-3, 1944 (87-100). Résumé S. F. VII. 4, 1944.

40 G. W. ROBINSON. — J. of Agr. Sc. 12, 306, 1922

41 BEATER — *Improved Technique in grading coarse and fine sands during mechanical analysis of soils.* J. Agric. Sci (193 p), 123-125.

42 HOOGHOUDT — *The combined sieve pipette method of mechanical analysis* Land b. k. Tijdschr. 1946, 128-151. Résumé dans S. F. Vol IX, 3, p 181

43 ASCENSIO ANAR — *A comparative study of methods of granulometric analysis of soils.* Ann Inst Esp Edafol. 6. 1947 (117-128) Résumé S F., Vol X, p 407

44 MOARALES — *New Model of pipette for mechanical soil analysis.* Montes, Madrid, 1945 (134-137). Résumé S F IX, 3, p. 181

45 SHAW, T. M., MILES, E. F - *Modification of the pipette method of mechanical analysis.* Proc. Soil Science Soc America (1939) (1940), 368-369.

46 SWEN ODEN — *Soil Science*, 19, 1, 1925

47 BOTWAY, R — *A simplified method for the mechanical analysis of soils by the sedimentation balance of Miklas vendl* Mat Tenn. Ert, 62, 1943 (324-333) S. F XI, p. 98.

48 RIVIERE — *Sur une amélioration apportee aux methodes d etude granulometrique des sédiments* C R 217, 1943, 609-610.

49 BOND. - *Sedimentation balance for measurement of size distribution of fine materials.* An. Inst. Min Eng Tech Publ 1129. -- 1939 Résumé S F IV, 1

50 DOUGLAS, D J - *Interpretation of the results of mechanical analysis* J Sedim Petro 16, 1946, 18-40.

51 BOUYOUCOS — *The high degree of occuracy of the improved soil hydrometer used in the mechanical analysis of soil.* Soil Sci. 44, 1937 (310-317)

BOUYOUCOS — *Directions for making mechanical analysis of soil by the hydrometer methods* Soil Sc 42, p. 225.

BOUYOUCOS — *The hydrometer for studying soils* Soil Sc. 25, 1928, 365-369 *A sensitive hydrometer for determining small amounts of clay a colloids in soils* Soil Sc 44, 1947, pp 245-246.

BOUYOUCOS *A comparison between the pipette method and the hydrometer method for making mechanical analysis of soil.* Soil Sci., 38, 1934 (335-343).

BOUYOUCOS — *Studies on the dispersion procedure used in the hydrometer method for making mechanical analysis of soil.* Sci 33, 1932 (21-26)

52 RICHTER, C — *The temperature correction in the hydrometer method mechanical analysis of soils.* Soil Sci 31, 1931 (85-92)

53 KEERN — *Some comments on the hydrometer methods for studying soils* Soil Sci 26, 246-263, 1928

54 CHEN. -- *The use of the common hydrometer for the mechanical analysis of soils* Soil Sci 64, 1947 (389-398)

55 CODONI. — *The densimeter method of mechanical analysis.* Soil Science, 56, 1943, 423-431. *Density of soil suspension and the use of densimeter for mechanical analysis.* Soil Science, 56 (7-18).

56 DOWNES, R. G. — *The use of hydrometer for the mechanical analysis of soil.* Austr. J Comm. Sci. Industr. Res. 17, 1944

57 PURI — *A new type of hydrometer for the mechanical analysis of soils.* Soil Sc. *33*, 1932

58. GALETTI. — *Colorimetric estimation of colloïdal clay in arable soils.* S. F. Vol. IX, 3, p. 181.

59. JACKSON. — *Clay and colloid content determination of soil using a rapid photoelectric procedure.* Proc. Soils Sci. of America, 1940-41, 554-560.

60. FAIRS, G. L. — *The use of the microscope in particle size analysis.* Chemic Industr. 62, 1943 (374-378).

61. HISSINK, D. J., HOOGHOUDT, S. B. — *The microscopic determination of soil particles.* Proc. 2nd. Int. Congr. soil. Science, 1930, 1, 1932, 46-47.

62. MORALÈS. — *Method of mechanical analysis of soil.* Trans. Int. Sc. Soil Sci. comm. I. Versailles, 1934 (79-81).

63 ROBINSON. — *Soils, their origin, constitution, classification,* by Thomas Men, London.

64 LAGATU. — In Demolon — *Dynamique du sol.* Dunod, Paris.

65. J. A. PRESCOTT, J. K. TAYLOR and T. J. MARSHALL. — *The relationship between the mechanical composition of the soil estimate of texture in the field.* Première commission Science du sol. Versailles, 1934.

66. KENNETH ABLEITHER. – *Plant Industry station. Textural classification* July 25, 1945.

67 T. J. MARSHALL. — *Mechanical Composition of soil in Relation to field descriptions of texture.* Melbourne, 1947, C S. I. R. 224.

68 R. L. JAMES. — *A simple method of expressing the mechanical analysis of many common soils.* Soil Science, 39, 1935 (271-275).

69. J. BAEYENS. — *Les sols de l'Afrique centrale.*

70. CLARKE. — *Mechanical analysis and the texture of the soil in the field* Soils and Fert. Vol. VIII, n° 4, 1945.

71. DESAI, S. V., VYAS, N. D. and BATRA, K. C. — *System of soil notation for comparative study of soil characteristics* Cur. Sci. 13, 1944. Résumé Soil and Fert. Vol. VIII, n° 2, p. 91

72. SHAW, T. M. and ALEXANDER, L T -- *A note on mechanical analysis and soil texture.* Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 1, 1937 (303-304).

73 CASTAGNOL. — *Principes et méthodes de l'étude moderne des sols.* C. R des travaux (1932-35) de l'Institut des Recherches agronomiques de l'Indo-Chine. Hanoï, 1934.

74. A. FOCAN, J. D'HOORE et J. J. FRIPIAT. — *Essai de classification des sols de la région de Kaniama* (Communication présentée à ce congrès)

Etude de la variation de la structure des sols soumis à différents modes de traitement à Yangambi

par

J. J. FRIPIAT et J. L. D'HOORE,
Assistants à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C

Avec la collaboration de R. GERMAIN,
Chef de la Division de Botanique de l'I N.E.A.C.
(pour l'étude des Graminées)

PLAN DE LA NOTE

V. — **Addendum.**

Notes sur le mécanisme de la mise à l'état peptisé des colloïdes :

1. Le phénomène de peptisation et la teneur en fer mobile.
2. Les valeurs de floculation.
   a) Valeurs de floculation.
   b) Courbes de déshydratation/décharge.
   c) Conclusion

BIBLIOGRAPHIE.

I — INTRODUCTION

Dans une publication antérieure (1) nous avons développé des méthodes sur les mesures de variation de structure

Nous les appliquons ici à l'étude de parcelles subissant des traitements culturaux différents ou à des stades différents d'évolution. Rappelons brièvement les principes utilisés :

1) On isole d'un échantillon de terre la fraction fine ($<$ 0,297 mm.), qui seule, est étudiee.

2) Nous avons trouvé que les plantes peuvent modifier profondément les propriétés du complexe colloïdal du sol en transformant les colloïdes primitivement floculés en colloïdes peptisés par l'action de la rhizosphère

3) Un procédé mis au point au laboratoire de recherches permet de connaître les contenus en colloïdes peptisés P, en colloıdes totaux T et, par différence, en colloıdes floculés F.

4) Comme mesure de la structure, nous utilisons la surface spécifique So, c'est-à-dire la surface développée de tous les agrégats contenus dans un cm^3. Ceci se fait par détermination de la perméabilité à l'air.

5) Notre formule

$$So = K - k F + \lambda \frac{100 P}{T}$$

permet d'établir la relation entre So, P, T et F.

Les coefficients K et k sont caractéristiques du type de sol sur lequel sont établies les parcelles.

Nous présentons à ce congrès une note (2) relatant une application de détermination des types de sol à l'aide de ces coefficients Nous pensons que le coefficient λ est caractéristique de l'association végétale présente et des traitements culturaux que la parcelle a subis : K et k nous renseignent sur la qualité du floculé et λ sur celle du peptisé.

Ainsi, grâce au coefficient λ, qui a les propriétés d'une constante de structure, il est possible de suivre les variations que les parcelles manifestent au cours de traitements culturaux.

Le rapport $100 \frac{P}{T}$ est un facteur d'intensité qui donnera aussi des renseignements précieux.

Nous passerons également en revue les épaisseurs des couches peptisées mesurées sûr le champ.

II. — TYPES DE VEGETATION ETUDIES

Deux objets distincts sont analysés : un cycle de cultures de plantes vivrières avec régénération forestière (*) et une série de parcelles d'histoire identique sur lesquelles différentes populations pures de graminées furent établies et qui ont été remises ensuite en culture

A. — Objet 1.

Les parcelles de cet objet sont caractérisées par une courte période de culture (3 ans) et une longue jachère forestière de 14 ans

C'est le système « en couloirs » prôné à la division des plantes vivrières de l'I.N E.A.C par MM J. HENRY et MULLER.

Nous renvoyons aux rapports I.N.E.A.C. pour plus ample étude du principe et nous nous contenterons de décrire les couloirs que nous avons étudiés.

COULOIR III : forêt abattue fin 1943.

A) du 19-5 au 15-9-1944 : riz.
du 21-4 au 29-8-1944 : maïs.
à partir du 1-5-1944 : bananiers; début de récolte . 3-3-1945

B) Abroma semé en novembre-décembre 1944.
1re coupe en juillet 1945.
2me coupe en novembre 1946.

C) Recrû Abroma : Prélèvement des échantillons · décembre 1947

COULOIR IV : forêt abattue fin 1944

a) mars 1945 semis : riz.
mars 1945 semis : maïs.
mars 1945 plantation de bananiers — récolte fin 1945

b) En recrû bananiers + manios depuis fin 1945.

Prélèvement des échantillons : décembre 1947

COULOIR V : forêt abattue fin 1945.

a) avant culture maïs du 25-3-1946 au 17-8-1946.
b) multiplication de riz en octobre 1946 : récolte 4-3-1947
c) plantation de bananiers en septembre 1946 : récolte novembre 1947.
d) manioc planté en décembre 1946; récolté : novembre 1947.

(* Nous devons ces descriptions à MM HENRY et MULLER, respectivement Chef du service de recherches agronomiques et Chef de la division des plantes vivrières de l'I.N E.A C. (Yangambi).

Nous les en remercions.

Prélèvement des échantillons : décembre 1947.

COULOIR VI : forêt abattue fin 1946.

a) du 1-4-1947 au 9-8-1947 : avant culture de maïs.
b) du 27-8-1947 au 13-1-1948 : riz.
c) du 9-8-1947 au 4-1-1948 : maïs.
d) plantation de bananiers le 9-8-1947.

Prélèvement des échantillons en janvier 1948.

COULOIR VIII : forêt abattue en novembre 1947. Prélèvement des échantillons : janvier 1948.

En résumé, on voit que nous avons passé en revue des couloirs d'âges différents qui, après un cycle comparable de cultures, ont été remis en jachère.

TABLEAU N° 1

Objet	Date d'abattage de la forêt	Stade d'évolution
1 — Couloir III	fin 1943	recrû abroma de 5 ans
2 — » IV	fin 1944	recrû bananiers, manioc, de 2 ans
3 — » V	fin 1945	fin de rotation
4 — » VI	fin 1946	mi-rotation
5 — » VIII	fin 1947	sol non cultivé (dénudé depuis 2 mois)

Prélèvement des échantillons: décembre - janvier 1948

Pour caractériser le milieu de départ, nous avons chaque fois étudié des profils situés dans les lambeaux forestiers qui séparent les couloirs.

L'étude de la végétation a été faite par M. GERMAIN, Chef de la Division de Botanique de l'I.N.E.A.C.

Ces forêts sont du type secondaire à sous-bois encore densément lianeux; leur âge se situe aux environs de 50-60 ans. En vue de les définir, un relevé sociologique a été fait d'après la méthode de l'école de Zurich-Montpellier.

Un profil de la végétation y décèle quatre strates plus ou moins nettement différenciées.

1) Une strate arborescente dominante d'une hauteur variant entre 15 et 30 m., et dépourvue de lianes; quelques gros arbres, relictes de la forêt primitive antérieure, s'y rencontrent encore. Le volume à l'Ha en matériel exploitable est de l'ordre de 80 à 100 m^3. Le dôme de cette strate est discontinu, son recouvrement ne dépasse pas 60 %.

2) Une strate arborescente dominée constituée par de grands arbustes et de petits arbres dont les hauteurs s'échelonnent entre 5 et 12 m. de haut; son recouvrement est de 90 %. Cette strate est riche en lianes, leur frondaison s'épanouit en surface des cimes.

3) Une strate frutescente densément lianeuse, de développement variable (1,5 à 4-5 m.) : la majeure partie des éléments ne dépassent pas 3 m.; son recouvrement est de 95 %.

4) Une strate herbacée très clairsemée (recouvrement 30 %) et d'une hauteur moyenne de 50 à 80 cm.

1. — Strate arborescente dominante (30 ares)

+.1 *Afzelia bella* HARMS
+1. *Albizzia gummifera* (Gmel) C A SMITH
+1. *Chrysophyllum Lacourtianum* DE WILD
+1. *Drypetes Gossweileri* S MOORE
+.1. *Ehretia cymosa* THONN
+1 *Fagara macrophylla* (Oliv) ENGL
+1 *Guarea cedrata* (Chev) PELLEGRIN
+1 *Panda oleosa* PIERRE
+1 *Pterocarpus Soyauxii* TAUB
+1. *Strombosiopsis tetrandra* ENGL
+1 *Trichilia Gilgiana* HARMS
+1 *Xylopia aethiopica* (Dun) A RICH

2 — Strate arborescente dominée (30 ares)

ARBRES

a) Éléments propres

1 1. *Desplatzia Dewevrei* (D) W et Th Dur.) BURRET
1.1 *Myrianthus arboreus* P BEAUV
1 1 *Trichilia rubescens* OLIV
1 1 *Trichilia Welwitschii* DC
1 1 *Trichilia lanata* A CHEV
1 1 *Trichilia Gilgiana*
+.1 *Anonidium Mannii* OLIV
+1 *Baphia Solheidi* DE WILD
+.1 *Barteria fistulosa* MAST
+1 *Caloncoba glauca* GILG
+1 *Canthium yangambiensis* LOUIS
+1 *Dyctiandra arborescens* WELW
+1 *Leptonychia batangensis* C. H WRIG
+1 *Maba Laurentii* DE WILD.
+.1 *Maesobotrya longipes* (Pax) HUTCH
+1 *Microdesmis puberula* HOOK. f
+1. *Pancovia Harmsiana* GILG
1 *Pauridiantha Gilletii* (D. W) BREM.
+1 *Pleiocarpa tubicina* STAPF
+1 *Radlkofera calodendron* GILG
+1 *Rinorea Welwitschii* (Oliv) O KTZE
+1 *Trichilia Prieureana* JUSS.
+1 *Vitex Welwitschii* GURKE

b) Jeunes sujets de la strate dominante

1 1 *Panda oleosa.*
+.1 *Albizzia gummifera.*
+1. *Antiaris africana* ENGL
+.1. *Celtis Mildbraedii* ENGL
+1 *Chrysophyllum Lacourtianum.*
+.1 *Combretodendron africanum* EXELL
+1. *Combretum oblongum* F HOFF
+.1. *Drypetes Gossweileri.*
+1 *Drypetes ituriensis* (Pax) PAX et K HOFFM
+1 *Guarea Laurentii* D. W
+1. *Polyantha suaveolens* ENGL et DIELS
+1 *Staudtia gabonensis* WARB
+.1. *Strombosia grandifolia* HOOK f
+1 *Strombosiopsis tetrandra*
+1 *Tridesmostemon Claessensii* DW
+.1 *Xylopia aethiopica.*

LIANES

+1. *Acacia pennata* WILLD
+1 *Adenia lobata* ENGL
+.1. *Alafia lucidata* STAPF
+1 *Amaralia* cf. *heinsioides* WERNHAM
+.1. *Artabotrys aurantiacus* ENGL.
+.1. *Byrsocarpus viridis* (Gilg) SCHELL.
+1. *Cissus aralioides* (Welw) PLANCH.
+1. *Cissus Barbeyana* D. W. et Th. DUR.
+1 *Cissus diffusiflora* (Bak) PLANCH
+1 *Cnestis urens* GILG
+1 *Cognauxia trilobata* COGN
+.1 *Dalhousiea africana* S MOORE
+1 *Dichapetalum congoense* ENGL.
+.1. *Dichapetalum flaviflorum* ENGL.
+.1 *Dioscorea* spp.
+.1. *Dioscoreophyllum Cumminsii* DIELS.

+ 1. *Ficus urceolaris* WELW.
+ .1. *Gnetum africanum* WELW
+ 1. *Hugonia platysepala* WELW
+ 1 *Jatrorrhiza strigosa* MIERS.
+ .1 *Kolobopetalum* aff. *ovatum* STAPF
+ 1 *Landolphia Dubreucquiana* D. W.
+ 1 *Landolphia owariensis* P. BEAUV.
+ 1 *Leptoderris fasciculata* (Bth.) DUN.
+ 1 *Manniophyton africanum* MULL ARG.
+ 1 *Manotes pruinosa* GILG
+ 1 *Mezoneuron Welwitschianum* OLIV.
+ 1. *Millettia dubia* DE WILD.
+ 1 *Millettia Duchesnei* DE WILD
+ .1 *Motandra guineensis* A. DC.
+ 1 *Mussaenda elegans* SCHUM. et THONN
+ 1 *Neuropeltis anomala* PIERRE
+ 1 *Phyllanthus floribundus* MULL ARG.
+ .1. *Physostigma venosum* BALF.
+ 1. *Piper guineense* SCHUM. et THONN
+ .1. *Ritchiea Pynaertii* DE WILD.
+ .1. *Roureopsis obliquifoliolata* (D.W.) SCHELLENB.
+ .1 *Sabicea Dewevrei* DE WILD.
+ .1. *Sabicea Johnstonii* K. SCHUM
+ .1. *Solanum Welwitschii* C. H. WRIGHT
+ .1. *Strophantus sarmentosus* A.P. DC.
+ .1. *Tetracarpidium conophorum* (M.A.) HUTCH.
+ .1. *Tetracera Claessensii* DE WILD.
+ .1. *Toxocarpus brevipes* N. E. Br.
+ .1. *Trachyphrynium Liebrechtsianum* D. W. et DUR.
+ .1. *Tragia Zenkeri* PAX
+ .1. *Triclisia Gilletii* (D.W.) STANER
+ .1. *Urera hypselodendron* (HOCHST.)
+ .1 *Yaundea pinnata* (P. B.) SCHELLENB.

3. — Strate frutescente (30 ares)

a) Eléments propres

1 Arbustes et grandes herbes :

3.1. *Alchornea floribunda* M. A
1.2. *Palisota ambigua* C. B. Cl
+ .2. *Palisota brachythyrsa* MILDB
+ 2 *Palisota Schweinfurthii* C. B. Cl.
+ 2 *Aframomum* sp. (G. 892)
+ 2 *Renealmia congolana* D. W & DUR.
+ 2 *Phrynium confertum* (Benth.) K. SCHUM
+ 2 *Thaumatococcus Daniellii* (Benn.) BENTH
+ 2 *Sarcophrynium Arnoldianum* DE WILD.
+ .1. *Allophyllus africanus* P. BEAUV
+ 1. *Anchomanes giganteus* ENGL.
+ .1. *Aulocalyx jasminiflora* HOOK f
+ .1. *Bertiera gracilis* DE WILD.
+ .1. *Canthium Dewevrei* DE WILD
+ 1. *Chomelia Claessensii* DE WILD
+ 1. *Clerodendron angolense* GURKE
+ 1. *Cola Bruneelii* DE WILD
+ .1. *Cuviera angolensis* WELW
+ .1 *Dorgalis Zenkeri* GILG
+ 1 *Dyctiandra arborescens*
+ 1 *Heisteria parvifolia* SMITH
+ .1 *Leptonychia batangensis*
+ 1 *Microdesmis Zenkeri* PAX
+ .1 *Ouratea brunneo-purpurea* GILG
1 *Pycnocoma Thonneri* PAX
+ 1 *Randia acuminata* BENTH.
+ 1 *Randia congolana* DE WILD
+ 1. *Randia Eetveldeana* D W & DUR
+ 1 *Tricalysia Crepiniana* D W & DUR.
+ 1 *Tricalysia longistipulata* D. W. & DUR

2 Lianes :

4.4 *Trachyphrynium Liebrechtsianum.*
1 3. *Trachyphrynium scandens* LOUIS & MULL
1.1. *Leptactinia Sereti* D. W.
1.1. *Piper guineense.*
1.1. *Roureopsis obliquifoliolata.*
+ .2. *Sarcophrynium baccatum* K. SCHUM.
+ .2. *Sarcophrynium leiogonium* K. SCHUM.
+ .1. *Argocoffeopsis scandens* LEBRUN
+ 1. *Argocoffeopsis subcordata* var. *Claessensii* LEBRUN
+ 1. *Canthium hispido-nervosum* (D.W.) ROB.
+ 1. *Dichapetalum* div. sp.
+ .1. *Ficus urceolaris.*
+ .1. *Gnetum africanum.*
+ .1. *Iodes hirsuta* LOUIS
+ .1. *Microcos malacocarpoides* (M.) BUR.
+ .1. *Pararistolochia triactina* HUTCH. & DALZ.
+ .1. *Polycephalium Poggei* ENGL.
+ .1. *Salacia Caillei* A. CHEV.

b) De nombreux arbustes érigés et lianiformes appartenant plus particulièrement à la jeune forêt secondaire sont encore présents à ce stade de la succession *Barteria fistulosa, Bridelia atro-viridis* M. A., *Pamplethantha Gilletii* (DW) BREM., *Lindackeria dentata* GILG, *Mussaenda stenocarpa* HIERN, etc.

c) Aux endroits où la strate arborescente laisse filtrer plus de lumière, des lianes héliophiles du dôme se rabattent à ce niveau, dont: *Amaralia* cf. *hensioides, Adenia gracilis* HARMS, *Clerodendron fuscum* GÜRKE, *Dioscoreophyllum Cumminsii, Kolobopetalum* aff. *ovatum, Manniophyton africanum, Mikanda scandens* WILLD., *Ritchiea Pynaertii, Sabicea Johnstonii,* etc.

IV — Strate herbacée (16 ares)

Eléments propres.

2 2 *Dolbitis auriculata*
+ 1. *Pteris atrovirens.*
+ 1 *Dryopteris* sp. (L 8677).
1.2. *Buforestia imperferata* C. B. Cl
1 1 *Aneilema nigritanum* (C B. Cl) HUTCH.
+ .3. *Commalina capitata* BENTH.
+ 3 *Pollia condensata* C B Cl.
+ .2. *Coleotrype Laurentii* D W.
+ 1. *Polyspatha paniculata* BENTH
+ 1. *Polyspatha hirsuta* MILDBR.
+.1. *Palisota Barteri* HOOK
+ .1. *Dorstenia paiurus* WALW
+ .1. *Dorstenia convexa* D. W.
1 2 *Uragoga peduncularis* K SCHUM
1 1. *Geophila hirsuta* BENTH.
+ 2 *Geophila Afzelli* HIERN
+.2 *Uragoga Thollonii* DE WILD.
+ 1 *Withfieldia Arnoldiana* D. W & DUR.
+ 1 *Rhinacanthus communis* NEES
+.1 *Phaylopsis parviflora* WILLD.
+.1. *Elytraria acaulis* LINDAU
+.1. *Olax latifolia* ENGL
+.1. *Coinochlamys angolana* S. MOORE
+ .1. *Dracaena laxissima* ENGL
+ .1. *Calvoa sessiliflora* COGN
+ 3. *Puelia ciliata* FRANCH.

Au niveau des strates frutescente et herbacée, la régénération en arbres et lianes des strates arborescentes est bien fournie.

a) Les plantules et hautes tiges des essences à bois blanc sont encore abondantes mais leurs chances de prospérer sont évidemment très réduites. Nous avons relevé : *Alstonia congensis* ENGL., *Antiaris africana, Bosqueia angolensis* FICALHO, *Caloncoba glauca, Caloncoba Welwitschii* GILG, *Casearia congensis* ENGL., *Combretodendron africanum, Conopharyngia durissima* STAPF, *Desplatzia Dewevrei, Fagara macrophylla, Fagara Lemairei* D. W., *Macaranga Laurentii* D. W., *Macaranga monandra* M. A., *Maesopsis Eminii* ENGL., *Myrianthus arboreus, Pycnanthus Kombo* WARB., *Ricinodendron africanum* M. A., *Staudtia gabonensis, Tetrapleura tetraptera* TAUB., *Treculia africana* DECNE, etc.

b) L'abondance des espèces pionnières de la forêt primitive permet de juger du degré d'évolution du groupement.

Plantules et hautes tiges de la strate arborescente dominée : *Afrostyrax lepidophyllus* MILDBR., *Afzelia bella, Annonidium Manni, Baphia Solheidei, Carapa procera* A. DC., *Diospyros crassiflora* HIERN, *Garcinia punctata* OLIV., *Glossolepis macrobotrys* GILG, *Maba chrysocarpa* LOUIS, *Maba Laurentii, Microdesmis puberula, Millettia congolensis* D. W., *Monodora myristica* DUN., *Pachylobus edulis* G. DON,

Pleiocarpa, Radlkofera calodendron, Rinorea Welwitschii, Trichilia Prieureana, Trichilia div. sp., *Vitex Welwitschii,* etc.

Plantules et hautes tiges de la strate arborescente dominante : *Albizzia gummifera, Amphimas pterocarpoides* HARMS, *Antrocaryon micraster* A. CHEV. et GUILL., *Beilschmodia* spp., *Blighia Wildemaniana* GILG, *Canarium Schweinfurthii* ENGL., *Celtis Brieyi* D. W., *Celtis Mildbraedii, Chrysophyllum Lacourtianum, Cynometra Alexandri* C. H. WRIGHT, *Dialium Corbisieri* STANER, *Dialium yambataense* VERM., *Diospyros undulata* LOUIS, *Drypetes Gossweileri, Drypetes ituriensis, Erythrophloeum guineense* G. DON, *Garcinia Kola* HECKEL, *Guarea cedrata, Guarea Laurentii, Guarea Thompsonii* SPRAGUE et HUTCH., *Irvingia grandifolia* ENGL., *Macrolobium macrophyllum* MACBRIDE, *Omphalocarpum injoloense* D. W., *Ongokea Gore* ENGL., *Panda oleosa, Parinarium tenuifolium* A. CHEV., *Pentaclethra macrophylla* BENTH. et HOOK., *Polyalthia suaveolens, Pterocarpus Soyauxii, Pterygopodium oxyphyllum* HARMS, *Strombosia glaucescens* ENGL., *Strombosia grandifolia, Strombosiopsis tetrandra, Synsepalum stipulatum* (RADLK.) ENGL., *Synsepalum subcordatum* D. W., *Syzygium congolense* VERM., *Tessmannia Claessensii* D. W., *Trichilia* div. sp., *Tridesmostemon Claessensii, Xylopia aethiopica, Xylopia africana* OLIV., etc.

c) Enfin, comme régénérations en lianes, les plus communes sont :

Acacia pennata, Adenia lobata, Agelaea Lescrauwaetii D. W., *Alafia lucida, Artabotrys aurantiacus, Cissus* div. spp., *Dalhousiea africana, Dioscorea* spp., *Fagara Mortehani* D. W., *Hugonia platysepala, Landolphia Dubreucquiana, Landolphia owariensis, Manotes pruinosa, Mezoneuron Welwitschianum, Millettia Duchesnei, Motandra guineensis, Neuropeltis anomala, Psychotria* cf. *cristata* HIERN, *Salacia biflora* LOUIS, *Triclisia Gilletii, Uncaria africana* G. DON, *Uvaria scabrida* OLIV., *Yaundea pinnata,* etc.

B. — **Objet 2.**

L'emplacement portait jadis une forêt primitive abattue et incinérée en 1937; une couverture de Pueraria fut introduite par semis fin 1937-début 1938. Fin 1945 : plantation d'une collection de diverses graminées.

Les graminées des parcelles 1 à 8 furent installées par bouturage (aux dates ci-après) après enlèvement partiel du Pueraria et enfouissement du restant :

Parcelle 1 :	*Echinochloa pyramidalis :* (Lam.) HITCH. et CHASE	2-10-1945
» 2 :	*Axonopus compressus :* BEAUV.	2-10-1945
» 3 :	*Setaria megaphylla :* TH. DUR. et SCHINZ	9-10-1945
» 4 :	*Panicum maximum :* JACQ.	9-10-1945

»	5 : *Brachiaria Eminii :* (Mez.) ROBYNS	19- 9-1945
»	6 : *Melinis minutiflora :* P. BEAUV.	19-10-1945
»	7 : *Cynodon plectostachyon :* PILGER	20- 9-1945
»	8 : *Rhynchelytrum roseum :* STAPF et HUBB.	19-10-1945

La parcelle (11) sous *Setaria sphacelata* (Schum.) STAPF et HUBB. depuis mai 1946, portait précédemment des agaves plantées en 1938.

La parcelle (10) est constituée par une forêt primitive du même type que celle défrichée. Nous devons également souligner que la Division de Botanique, qui a établi ces parcelles, n'avait pas en vue une expérience pédologique.

On a notamment procédé à un enfouissement du Pueraria en labourant le terrain à la bêche.

A notre point de vue, ce remaniement fut malheureux car il démontrait la différenciation naturelle du profil.

Comme il nous semblait intéressant d'étudier l'influence des graminées sur nos sols de plateau, nous avons passé outre à ces inconvénients, en nous réservant le droit de ne donner aux chiffres que nous avons recueillis qu'une valeur orientative et aussi de laisser tomber ceux, peu nombreux, qui montraient une aberrance nette et consécutive au traitement décrit.

III. — ANALYSE DES OBJETS

1re PARTIE :

Les couloirs sur lesquels sont établies ces expériences de plantes vivrières sont situés sur un plateau et sur les pentes légères qui le bordent. Par l'étude de la partie statique des profils, nous avons constaté qu'en réalité deux types de sols y voisinent, avec prédominance de l'un sur le plateau proprement dit (T_2) et prédominance de l'autre sur les pentes (T_1).

La première tâche fut de déterminer les coefficients K et k des sols sur lesquels nous avons travaillé

La connaissance de ces constantes est nécessaire pour calculer les coefficient « x » car ceux-ci s'obtiennent par l'équation :

$$x = \frac{So - (K + kF)}{P/T \times 100}$$

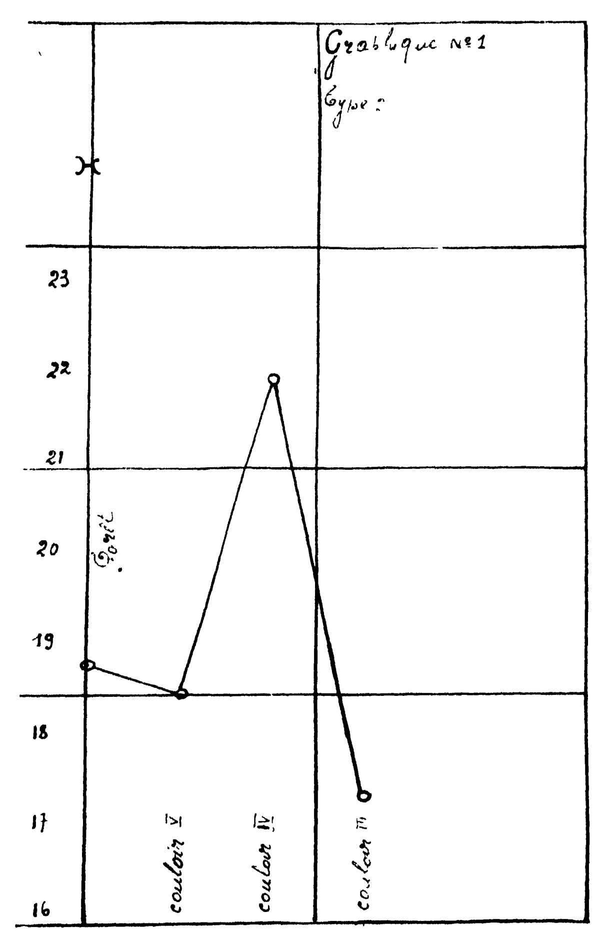
1. LES COEFFICIENTS « x » OBTENUS.

Les facteurs « x » indiquent la *qualité structurale* des colloïdes peptisés : ils ne sont comparables que pour les parcelles établies sur un type de sol donné. Si nous appelons les deux types reconnus dans la région, « type 3 » et « type 2 », nous devons examiner séparément les résultats obtenus.

Les couloirs V et IV sont situés sur le type 2, les couloirs VIII et VI sur le type 3, tandis que dans le couloir III nous avons un contact

des deux types. En ce qui concerne les lambeaux forestiers qui nous servent de milieu de référence, un certain nombre (3) sont établis sur le type 2 et d'autres (4) sur le type 3.

Le graphique N° 1 consigne les valeurs x obtenues et dans les lambeaux forestiers et dans les couloirs (emplacement graphique n° 1).



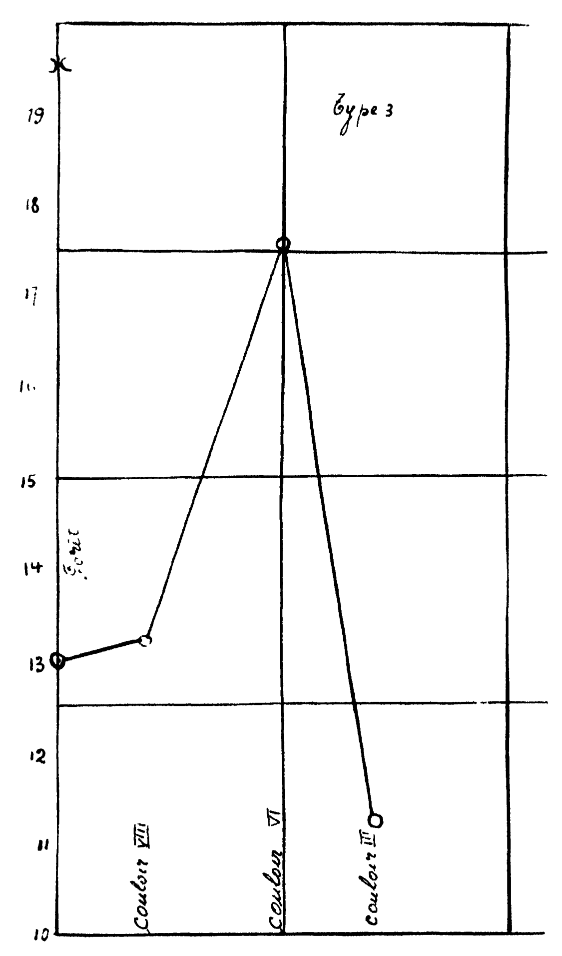
Dans le type 3, on voit que l'abatage de la forêt (couloir VIII) et la dénudation du sol pendant 2 mois n'amènent qu'une variation très faible. Par contre, la mise en culture (maïs, riz) provoque une forte augmentation dans le couloir VI.

Au stade de 3 ans de recrû « abroma », les couches peptisées du couloir III ont un coefficient x qui est devenu *plus bas* que celui de la forêt secondaire de référence.

Dans le type 2 on peut constater, d'après le même graphique, qu'à la fin de la rotation, c'est-à-dire après que le sol a porté des bananiers et du manioc (couloir V) le coefficient n'est pas bien différent

de celui qui caractérise les couches peptisées des lambeaux forestiers voisins.

Par contre, le recrû de deux ans de manioc et de bananiers élève cette valeur d'une façon très sensible. Il est un fait curieux que le bananier et le manioc, qui abaissent en fin de rotation le x élevé résultant du maïs et du riz, ne continuent pas cette action lorsqu'on



les laisse en recrû. Remarquons qu'un phénomène similaire se marque dans l'allure du rapport $\frac{P}{T} \times 100$, dans la profondeur des couches peptisées et même dans les valeurs de floculation : autrement dit, dans l'allure de plusieurs grandeurs indépendantes l'une de l'autre.

Nous ne nous expliquons pas ces phénomènes : nous les constatons.

Enfin, de nouveau dans le type 2, nous observons un fait similaire à celui que nous signalons plus haut pour le type 3 : le recrû

d'abroma de 3 ans diminue x et l'amène à une valeur inférieure à celle mesurée sous forêt.

Si nous voulons schématiser ces données, nous pouvons dire :

a) Au point de vue du cycle cultural : que l'avant-culture maïs et le riz élèvent le coefficient x et qu'en fin de rotation les bananiers et le manioc le ramènent à une valeur se rapprochant de celle mesurée sous forêt secondarisée.

b) Au point de vue des stades de jachères : que le recrû de bananiers et de manioc élève le coefficient x tandis que le recrû d'abroma l'abaisse considérablement et l'amène à une valeur inférieure à celle qui existe dans la forêt secondaire de départ.

2. EXAMEN DES RAPPORTS : $\frac{P}{T} \times 100$.

Ce rapport nous indique avec quelle intensité la rhizosphère a peptisé les colloïdes du sol. Puisque nous traitons ici du rôle des colloïdes peptisés dans la structure du sol, et plus particulièrement de l'état structural le plus favorable pour la mise en culture, il était nécessaire de rechercher dans quel sens l'intensité de la peptisation $\left(\frac{P}{T} \times 100\right)$ était le plus favorable.

Le milieu qui nous servait de référence pour cette expérience était celui des lambeaux forestiers secondaires en bordure des couloirs.

De plus, des expériences faites jusqu'ici à Yangambi, il résulte que la forêt secondaire fournit le sol le meilleur pour la culture des plantes vivrières.

Ces deux raisons nous amenaient naturellement à considérer la valeur $100 \frac{P}{T}$ moyenne que nous obtiendrions pour ces lambeaux forestiers, comme représentant un rapport bien balancé entre la proportion des colloïdes peptisés et celle des colloides floculés.

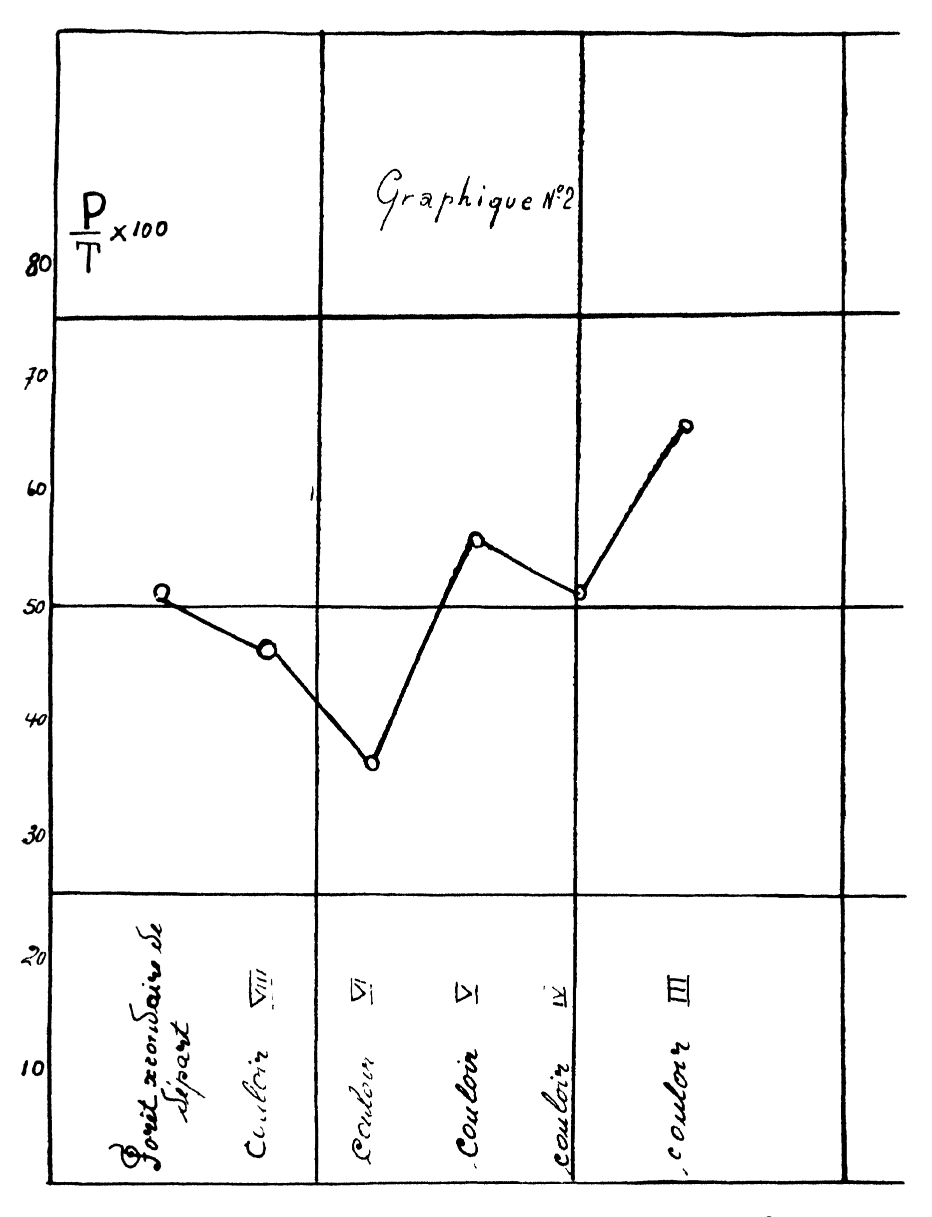
Nous avons donc fait cette moyenne pour tous les horizons peptisés des lambeaux forestiers et nous avons trouvé comme valeur 51 %.

De parcelle à parcelle, les chiffres obtenus oscillaient autour de cette valeur statistique.

Voici, à titre d'exemple, les rapports moyens par 3 lambeaux situés géographiquement aux deux extrémités et au milieu de la sole expérimentale : 45.3 %; 51.6 %; 54.4 %. Comme la valeur statistique globale (51 %) est la moyenne de 80 nombres, nous pensons qu'il nous est permis de la considérer comme suffisamment représentative pour la région étudiée.

En comparant ce nombre à d'autres données que nous possédions sur les forêts « primitives » hétérogènes (ou du moins, de loin plus

âgées que les lambeaux forestiers examinés ici), nous avons constaté que les rapports $\frac{P}{T} \times 100$ étaient situés sensiblement aux alentours de 50 %. A environ 10 km. au Sud-Est de l'objet 1 se trouve l'objet 2 qui sera étudié plus loin.



Pour cet objet, une forêt primitive a été prise comme référence le rapport $\frac{P}{T} \times 100$ moyen fut trouvé égal à 57 %.

A 10 km. au Sud-Ouest, une autre forêt âgée fut examinée antérieurement et un rapport $100 \times \frac{P}{T}$ égal à 54 %, calculé.

A ce point de vue donc et contrairement à ce que l'on trouve pour x, *la forêt primitive ne paraît pas différer d'une façon sensible de la forêt secondaire* (*).

Comme les sols sous forêt primitive sont généralement considérés comme réalisant un état d'équilibre avec leur pédoclimat, la question qui vient naturellement à l'esprit, après observation des faits expérimentaux énumérés, est la suivante : la valeur de 50 % (à peu de chose près) trouvée pour le rapport P/T ne traduit-elle pas un aspect de cet état d'équilibre ?

On peut évidemment discuter abondamment cette proposition, car un équilibre n'est jamais défini que par rapport à des conditions données, mais au point de vue pratique, si l'on constate que les sols sous forêt secondaire sont particulièrement aptes à recevoir la culture des plantes annuelles, on peut émettre l'hypothèse que les conditions pédologiques créées de la sorte conviennent également aux plantes annuelles.

Dès que l'on constatera que pour une parcelle donnée le rapport s'écarte considérablement de cette valeur de 50 %, il faudra en conclure que la grandeur trouvée sera moins favorable « au bon état physique » de la terre.

Pour le cas présent, nous avons consigné dans le graphique n° 2 les résultats obtenus, lorsqu'on abat la forêt (couloir VIII) le rapport diminue très légèrement : la chute est fort accentuée à mi-rotation, après le maïs et le riz (couloir VI).

La diminution du rapport P/T se marque par un affaiblissement des propriétés de sorption du complexe colloïdal : on sent par exemple nettement lors de l'examen du profil en place que la terre des horizons supérieurs est beaucoup plus pulvérulente que celle du couloir précédent qui était tout aussi dénudé.

Le manioc et le bananier en fin de rotation provoquent une augmentation du rapport $\frac{P}{T} \times 100$ qui ne se poursuit pas lors de l'abandon en recrû de ces deux plantes : le graphique n° 2 montre au contraire une légère diminution (couloirs V et IV). Par contre, le recrû « Abroma » élève le rapport $\frac{P}{T} \times 100$ d'une façon assez considérable (couloir III).

(*) Que le sol sous forêt primitive soit moins bon pour les cultures vivrières que le sol de forêt secondaire ne signifie pas que *tous* les facteurs physiques de l'un doivent différer de ceux de l'autre.

S'il paraît logique d'admettre que $\frac{P}{T} \times 100 < 50\ \%$ n'est pas favorable, la question est de savoir si les valeurs supérieures à 50 % ne pourraient pas être meilleures pour les plantes cultivées.

Il ne faut pas perdre de vue qu'une proportion trop grande de colloïdes peptisés peut provoquer une désagrégation de la terre et une perte de structure indéniable.

A partir de quel moment cet effet se marque-t-il ?

Nous avons constaté des rapports P/T élevés sous abroma (65.4 %) comme signalé dans le graphique n° 2, dans un jeune recrû forestier de 4 ans (68.3 %) et sous jeune parasoleraie (62 %).

Sauf pour la parasoleraie (où la valeur obtenue semble d'ailleurs revenir en arrière), nous ne connaissons jusqu'à présent aucune expérience culturale qui permette de conclure qu'un rapport $\frac{P}{T} \times 100 \quad 50\ \%$ soit préférable — toutes autres choses restant égales — à $\frac{P}{T} \times 100 = 50\ \%$, pour lequel les preuves expérimentales du bon état structural sont plus manifestes.

Dès lors, nous pensons pouvoir avancer, jusqu'à plus ample information, que les valeurs élevées de P/T × 100 seront tout aussi préjudiciables que les basses valeurs.

3 LES PROFONDEURS DE PEPTISATION MESUREES SUR LE CHAMP.

Nous avions commencé l'étude systématique selon la méthode décrite dans le travail cité (1) : cependant, un fait imprévisible ne nous a pas permis de retirer des résultats quantitatifs.

En effet, nous avons constaté, au cours de vérifications, que les profondeurs des horizons de transition n'étaient reproductibles qu'à condition d'employer du réactif frais (80 % CH_3OH. 20 % CCl_4)

Le mélange s'altérait en un temps assez bref.

En examinant la question, nous avons découvert que, sous l'action prolongée de la lumière, la molécule de CCl_4 réagit avec la molécule de CH_3OH en donnant certains produits, que nous n'avons pas identifiés, et de l'HCl : de sorte que le milieu s'acidifie.

A partir d'un moment donné, le pH est tellement bas que le réactif fait floculer le colloïde naturellement peptisé.

Après 3 heures d'exposition au soleil, il fallait 9 ml de NaOH $\frac{N}{10}$ pour neutraliser le réactif en présence de phénolphtaléine, alors qu'au départ de l'expérience, 0,05 ml était suffisant.

Aussi nous devons édicter les précautions suivantes concernant l'emploi du réactif décrit en (1).

1er : le réactif doit être préparé fraîchement avant chaque emploi

2me : il doit être placé dans une bouteille en verre très épais, coloré en brun foncé, et manié, lors de l'emploi sur le champ, autant que possible à l'abri de la lumière.

Pour s'assurer de sa valeur, les tests analytiques suivants sont à conseiller :

1° L'addition de quelques gouttes d'une solution d'$AgNO_3$ ne peut donner lieu à aucun précipité.

2° 10 ml du réactif doivent être neutralisés par ajoute de 0,1 ml de NaOH N/10 en présence de phénolphtaléine.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons tirer quelques résultats qualitatifs des données en notre possession et classer les parcelles observées par ordre de profondeur décroissante des horizons peptisés :

le plus profond : couloir III
lambeaux forestiers secondaires
couloir VIII
couloir V
couloir IV
le moins profond: couloir VI.

Nous devons conclure de ceci que le recrû d'abroma, qui donne d'ailleurs le plus haut rapport $\frac{P}{T} \times 100$, est aussi celui où nous observons les horizons à colloïdes peptisés les plus épais; par contre, le recrû à bananiers et à manioc est nettement défavorable à cet égard.

4. DISCUSSION DES RESULTATS.

Dans notre publication antérieure (1) nous avons montré par des arguments tirés de la formule de VAGELER et ALTEN qu'un petit coefficient x indiquerait un état structural supérieur à celui caractérisé par une haute valeur de x.

D'autre part, nous sommes à même, à l'heure actuelle, grâce aux chiffres nouveaux recueillis, de discuter de l'importance structurale du rapport P/T × 100.

Le fait primordial constaté est, comme nous l'avons souligné plus haut, que la forêt semble réaliser un équilibre dans les couches où s'exerce l'action peptisante entre les quantités de colloïdes peptisés et de colloïdes floculés et que cet équilibre semble se situer (statistiquement) aux environs immédiats de 50 %.

Dès lors, toute augmentation ou toute diminution de ce rapport traduira un état s'écartant de cet optimum structural.

Lorsque $100 \cdot \frac{P}{T}$ devient trop petit, cela veut dire que les quantités de colloïdes floculés prédominent et que, par conséquent, le pouvoir de sorption en éléments fertilisants et en eau est abaissé.

Lorsque $100 \frac{P}{T}$ augmente considérablement, on assistera à une désagrégation de la terre et, sans doute, au cours du temps, à des déplacements de particules colloïdales vers des horizons d'accumulation susceptibles de s'indurer.

De ceci, il nous semble qu'il soit permis d'émettre l'hypothèse que le rapport $P/T \times 100$ sera d'autant plus favorable qu'il sera proche de 50 % et d'autant moins intéressant, au point de vue de la mise en culture ultérieure, qu'il s'en écartera.

En ce qui concerne les *épaisseurs* des couches contenant les colloïdes peptisés, nous pensons que les plantes et les traitements les plus intéressants seront ceux qui provoqueront un abaissement de l'horizon de transition.

En effet, une des choses que l'on demande à une plante de jachère ou de recrû est de « retravailler » le sol : il est donc logique d'admettre que le traitement a été particulièrement favorable là où les profondeurs des couches peptisées sont plus grandes.

Nous possédons dès lors trois critères qui définiront l'influence des colloïdes peptisés sur la structure du sol :

1 Qualité du « peptisé » : exprimée par λ.
» d'autant meilleure que λ est petit.
» d'autant moins bonne que λ est élevé.

2. Quantité de « peptisé » : exprimée par le rapport $100 \frac{P}{T}$
» d'autant plus favorable que proche de 50 %.
» » moins favorable qu'il s'en écarte.

3. Epaisseurs des horizons « peptisés ».
» d'autant plus intéressantes qu'elles sont grandes.
» » moins intéressantes qu'elles sont faibles.

Dès lors, en reprenant les descriptions des résultats obtenus, on constate :

1. Au point de vue des recrûs.

a) Que le recrû bananiers + manioc présente un coefficient λ et une épaisseur des couches peptisées nettement défavorables : le rapport $P/T \times 100$ est bon.

b) Que le recrû à Abroma manifeste un coefficient λ et une épaisseur des couches peptisées excellents, tandis que $P/T \times 100$ est moins intéressant.

Nous devons donc conclure que le recrû à Abroma présentant deux critères favorables sur trois est nettement avantageux vis-à-vis du recrû bananiers-manioc.

2. Au point de vue du cycle cultural.

a) Le maïs et le riz, en plaçant les parcelles qui les portent dans le cas où chacun des critères énumérés est défavorable, constituent des cultures préjudiciables pour la structure du sol.

b) La fin de rotation avec le bananier et le manioc paraît être favorable, eu égard aux mêmes critères.

Il est évident que nous n'attribuons aux remarques précédentes qu'une valeur orientative : il serait souhaitable de suivre les divers traitements en plusieurs répétitions et de confronter les données recueillies avec des chiffres de production.

Il nous semblait néanmoins intéressant de les formuler, surtout pour montrer que nous pouvons, grâce aux méthodes décrites, suivre d'une façon assez efficace les variations structurales des sols livrés à notre examen.

2me PARTIE

PARCELLES SOUS GRAMINEES

Nous avons déjà décrit ces parcelles : après que nous eûmes prélevé nos échantillons en fin février 1947, la Division de Botanique sema du maïs après fauchage des graminées et incinération de la coupe. Ce maïs fut récolté en fin septembre : les rendements seront comparés.

1. DETERMINATION DES PROFONDEURS MOYENNES DE PEPTISATION SUR LE CHAMP.

Pour déterminer ces profondeurs statistiquement, nous ne pouvions songer à employer des tranchées, car les parcelles étaient trop petites . nous avons fait creuser par parcelle 3 trous de 2 m. sur 0,75 cm. et 1.20 m. de profondeur.

Sur la paroi de ces profils et à intervalle de 50 cm. furent prélevées des prises d'essais et la profondeur de peptisation testée selon la méthode habituelle. Les résultats furent consignés sur graphique et, de cette façon, la profondeur *moyenne* du niveau de transition fut calculée.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant (H représentant des profondeurs moyennes) :

	H
Rhynchelytrum roseum	27.4 cm.
Echinochloa pyramidalis	28.5 cm.
Axonopus compressus	37.5 cm.
Pueraria javanica	40.0 cm.

Setaria sphacelata	44.4 cm.
Forêt primitive	48.8 cm.
Melinis minutiflora	55.2 cm.
Setaria megaphylla	56.7 cm.
Panicum maximum . .	65.0 cm.
Brachiaria Eminii	65.1 cm.
Cynodon plectostachyon	66.0 cm.

On voit qu'en ce qui concerne les graminées, trois groupes peuvent être distingués :

a) un groupe à faible profondeur (H environ 28 cm.)	*Rhynchelytrum roseum* *Echinochloa pyramidalis*
b) un groupe à profondeur moyenne (37 cm < H < 46 cm)	*Axonopus compressus.* *Setaria sphacelata.*
c) un groupe à grande profondeur (55 cm < H < 65 cm.)	*Melinis minutiflora* *Setaria megaphylla.* *Panicum maximum.* *Brachiaria Eminii* *Cynodon plectostachyon*

2. LES COEFFICIENTS V OBTENUS.

Pour chaque parcelle, trois profils furent échantillonnés et les terres étudiées au laboratoire.

Lors d'un rapide examen morphologique sur le terrain, nous avions constaté un léger changement de teinte (apparition de veines marbrées rouge clair) dans certaines parcelles. Ceci faisait présager que la région étudiée constituait une zone de contact entre deux des types de sols que nous avions délimités lors d'une étude antérieure

Après examen des résultats, ce fait fut reconnu exact.

Appelons T_1 et T_2 ces deux types : nous devons classer séparément les résultats obtenus pour V.

On obtient le schéma suivant :

Pour T_2		Pour T_1	
P 5: *Brachiaria Eminii*	21.3	P 7: *Cynodon plectostachyon*	14
P 3: *Setaria megaphylla* .	21.9	P 6: *Melinis minutiflora* .. .	16.5
P 2: *Axonopus compressus*	23.3	P11: *Setaria sphacelata* .. .	20,3
P10: Forêt primitive	25.0	P 8: *Rhynchelytrum roseum*	20,7
P 1: *Echinochloa pyramidalis*	25.1	P 9. *Pueraria javanica* . ..	21.5
P 9: *Pueraria javanica* .	25.5		
P11: *Setaria sphacelata*	26.0		
P 4: *Panicum maximum* . ..	26.7		
P 8: *Rhynchelytrum roseum*	27.3		

On voit que les parcelles 11, 8 et 9 se trouvent dans les deux colonnes, cela signifie que l'un des trois profils étudiés se trouvait sur l'un ou l'autre des deux types reconnus.

Les chiffres marqués d'un astérisque sont ceux pour lesquels nous ne sommes pas affirmatifs en ce qui concerne la valeur exacte

de λ et ce à cause du trop petit nombre de chiffres en notre possession.

On remarquera la valeur élevée du λ mesuré pour la forêt; ceci nous confirme bien qu'elle est d'un âge très avancé.

Rappelons, en effet, que dans l'échelle des valeurs λ, la forêt primitive et la forêt secondaire constituent deux extrêmes (voir (1)).

Du tableau précédent, on peut regrouper les graminées selon la valeur de leur coefficient λ.

Un groupe de basses valeurs	*Cynodon plectostachyon.* *Brachiaria Eminii.* *Setaria megaphylla.*
Un groupe de valeurs moyennes	*Axonopus minutiflora.*
Un groupe de hautes valeurs	*Echinochloa pyramidalis.* *Setaria sphacelata.* *Panicum maximum.* *Rhynchelytrum roseum.*

Comparativement, la forêt primitive et le *Pueraria javanica* viennent se situer dans ce dernier groupe (*).

3. EXAMEN DES RAPPORTS : P/T × 100.

Nous avons effectué les moyennes des rapports P/T × 100 pour toutes les couches contenant des colloïdes peptisés d'une même parcelle.

Les résultats obtenus sont repris dans le tableau suivant : on voit nettement trois groupes de valeurs se détacher.

Groupe dit « des basses valeurs »	Forêt primitive ..	57.6 %
	Cynodon plectostachyon ..	57.8 %
	Melinis minutiflora	58.5 %
Groupe des « valeurs moyennes »	*Axonopus compressus*	63.6 %
	Echinochloa pyramidalis .	64 1 %
Groupe des « hautes valeurs » . .	*Setaria megaphylla*	66.9 %
	Panicum maximum .	66.9 %
	Pueraria javanica . .	67.9 %
	Rhynchalytrum roseum . .	68.7 %
	Setaria sphacelata . .	69.9 %
	Brachiaria Eminii	71.6 %

On constate de nouveau ici que le rapport $\frac{P}{T} \times 100$ se situe *pour la forêt aux environs de 50 % : il ne semble donc pas y avoir à ce point de vue et contrairement à ce que nous avons constaté pour les valeurs* λ de différences marquées entre la forêt primitive du type Scorodophloeus et la forêt secondaire (voir première partie).

(*) Pour établir les λ, seuls 10 chiffres sur 132 se sont montrés vraiment aberrants et ont dû être éliminés.

Nous insistons sur le fait que des comparaisons de ce genre ne peuvent être faites que sur des moyennes statistiques.

Du tableau précédent il ressort que, *sans exception*, toutes les graminées présentent un rapport P/T × 100, supérieur à celui de la forêt

4. DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS.

Pour discuter de la valeur des différentes graminées que nous avons étudiées, il faut tenir compte des trois critères énoncés plus haut.

Dans ce but, procédons de la façon suivante :

a) Pour les profondeurs des couches peptisées : attribuons un « indice » différent aux trois groupes de valeurs dont nous avons constaté l'existence : l'indice 2, le plus haut et le plus favorable, sera octroyé aux graminées qui « peptisent » sur la plus grande profondeur, 1 au groupe des profondeurs moyennes et 0 au groupe des faibles profondeurs.

b) De même si on examine le tableau schématique des coefficients λ, on attribuera l'indice 2 au groupe des basses valeurs, l'indice 1 à celui des valeurs moyennes et 0 aux hautes valeurs.

c) En ce qui concerne le rapport $\frac{P}{T} \times 100$, l'indice 2 sera donné au groupe pour lequel ce rapport est sensiblement égal à celui de la forêt primitive, les indices 1 et 0 étant réservés au groupe qui s'écarte de plus en plus de cette moyenne.

On forme le tableau suivant :

Parc N°	Espèce	Indice pour λ	Indice pour P/T × 100	Indice pour H	Somme
1.	*Echinochloa pyramidalis*	0	1	0	1
2.	*Axonopus compressus*	1	1	1	3
3	*Setaria megaphylla* .	2	0	2	4
4.	*Panicum maximum*	0	0	2	2
5.	*Brachiaria Eminii*	2	0	2	4
6.	*Melinis minutiflora*	1	2	2	5
7.	*Cynodon plectostachys*	2	2	2	6
8.	*Rhynchelytrum roseum*	0	0	0	0
11.	*Setaria sphacelata* .	0	0	1	1

Nous ne connaissons pas à l'heure actuelle l'ordre d'importance de chacun de ces trois facteurs : si on leur attribue une valeur égale dans le concept global de « bonne structure physique du sol » nous pouvons considérer que la somme des indices (dernière colonne du tableau) doit nous donner la valeur structurale que les différentes graminées citées ont conférée au sol dans le cas étudié actuellement.

On peut, dès lors, opérer le classement suivant :

Espèce	*Indice*
Cynodon plectostachyon	6
Melinis minutiflora	5

Setaria megaphylla	4
Brachiaria Eminii	
Axonopus compressus	3
Panicum maximum	2
Echinochloa pyramidalis	1
Setaria sphacelata	
Rhynchelytrum roseum	0

Par ce classement :

1) *Nous ne voulons pas dire* que partout, dans tout le Congo, pour tous les types de sols et sous tous les climats, l'ordre de valeurs des graminées sera celui représenté.

2) *Nous voulons dire* que dans le cas étudié, les structures physiques, examinées sous l'angle de la triple influence du peptisé (qua lité, quantité, profondeur) étaient telles que la meilleure correspon dait à l'indice le plus haut et la plus mauvaise au chiffre le plus bas

5. COMPARAISON AVEC LES RENDEMENTS EN MAIS OBTENUS.

Les praticiens ont souvent constaté que le maïs est une plante dont le rendement est un indice assez valable du bon état du sol.

Il était donc intéressant de comparer les rendements obtenus sur ces parcelles aux indices de structure que nous leur avions attribués

De cette comparaison est issu le graphique n° 3 : en ordonnée sont indiqués les rendements calculés en kg. de maïs à l'hectare et en abscisse les indices de structure.

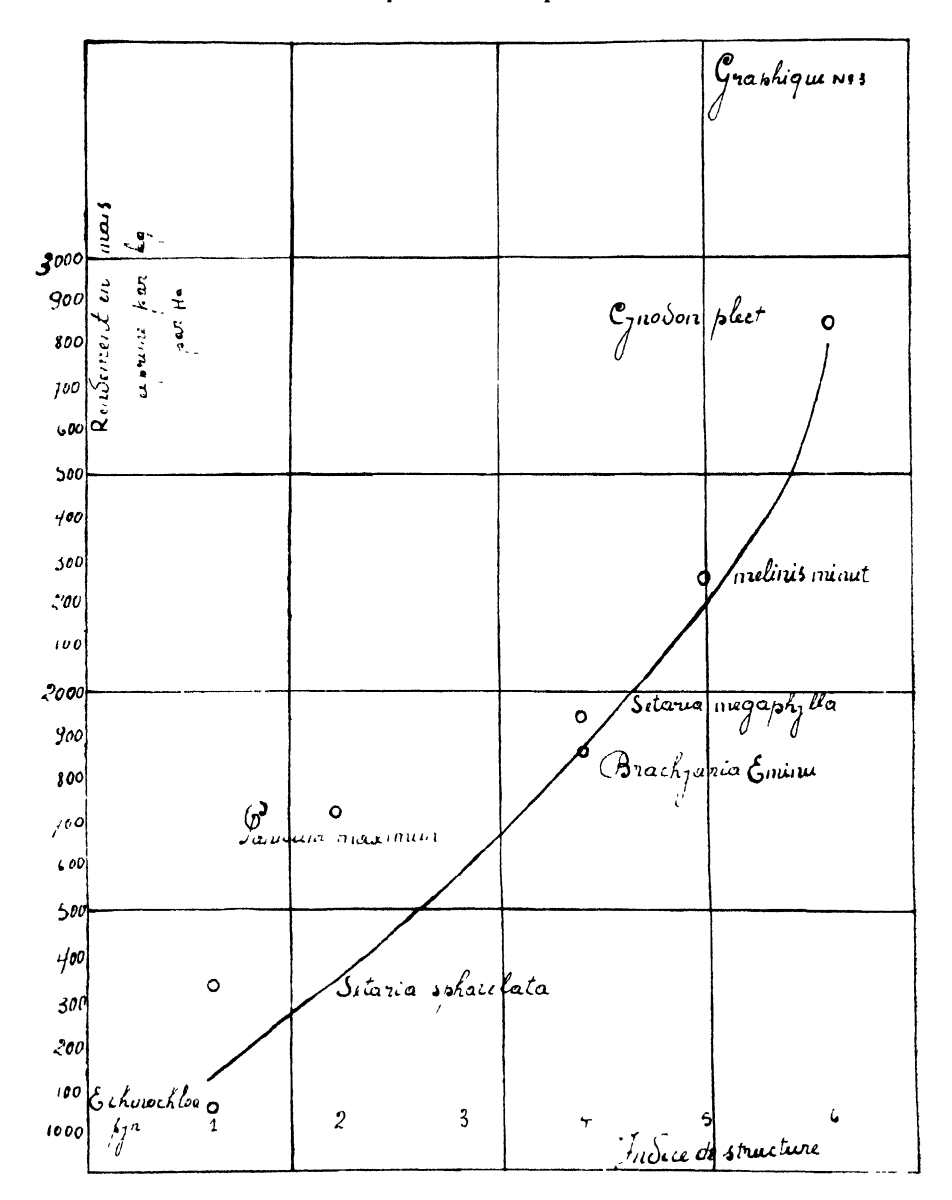
La corrélation est excellente comme on peut en juger.

Nous devons mettre en garde le lecteur contre une *interprétation abusive des chiffres de rendement cités* en ceci que les parcelles étant petites, l'extrapolation au chiffre à l'hectare n'a qu'une valeur *relative* et que, d'autre part, ces rendements constatés en première culture n'impliquent en rien le *maintien* des mêmes chiffres dans le second stade de la rotation. Quoi qu'il en soit, on voit que l'indice de structure défini plus haut nous a permis de juger avec une bonne approximation de l'état de la parcelle.

Remarquons que les rendements obtenus dans les parcelles 2 et 8 (*Axonopus compressus* et *Rhynchelytrum roseum*) ne figurent pas sur le graphique n° 5 pour les raisons suivantes :

1) La parcelle à *Rynchelytrum roseum* était occupée sur presque toute son étendue par une dépression où les eaux venant d'une termitière voisine s'amassaient : ceci a faussé considérablement l'expérience.

2) Le rendement obtenu après *Axonopus compressus* était de 500 kg., ce qui constitue une aberrance marquée vis-à-vis de tous les chiffres : nous n'en avons pas tenu compte.



IV. — CONCLUSIONS GENERALES

1° Le bien-fondé des formules exposées dans un travail antérieur (1) est démontré sur une beaucoup plus grande échelle.

2° Outre l'importance déjà attribuée aux coefficients x (qualités du peptisé) nous avons été amenés à conférer une valeur assez grande

0
-20
-40
-60
-80
-100
-120

① ② ③

Graph. IV

Fer Mobile Total.

Caracteristiques.

R : Oxalate $\frac{Mol}{10}$

V : 100 ml/15'30'

pH. 3 2

① Vieille forêt

② Couloir PV 4 ans après ouverture

③ Pani cum Maximum.

Profondeur en cm

0,5 1 1,5 2 ‰ Fe_2O_3

Graph. V

0,8
0,6
0,4
0,2

‰ Fe_2O_3

Terre de forêt

Courbes d'extraction du Fer Mobile

Caracteristiques.

R Oxalate $\frac{Mol}{10}$

V. 100ml/15'30'

pH: 3 2

N° d'ordre portions percolées

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

aux rapports P/T × 100 (intensités de peptisation) et aux épaisseurs des couches peptisées.

3° La combinaison des influences des facteurs énumérés ci-dessus fournit un indice de structure qui s'est avéré en très bonne concordance avec des chiffres de rendement.

4° Le rôle *vecteur* des colloïdes peptisés pour les propriétés structurales de nos sols nous paraît établi.

Il nous reste à remercier ceux qui nous ont aidés dans l'élaboration de ce travail et particulièrement M. LIVENS, Chef de la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C., qui nous a conseillés et guidés ainsi que M. SMEYERS qui nous a apporté son aide lors d'un stage à la Division

V. — ADDENDUM

1 — Le phénomène de la peptisation et la teneur en fer mobile.

Comme il fut exposé ailleurs (3) nous entendons par « fer mobile la partie du fer libre du sol, qui est déplaçable par percolation au moyen d'anions complexants. Il est vraisemblable que la plus grande partie de ce fer mobile est un constituant de molécules complexes, résultantes de la décomposition des matières organiques dans le sol

Quand nous représentons graphiquement le fer mobile total par rapport à la profondeur de prélèvement de l'échantillon, la transition peptisé-floculé est nettement marquée (graph. 4). Nous rencontrons des courbes typiques de ce genre pour des terres sous forêt, où le profil a atteint un certain équilibre. Ces courbes typiques peuvent se diviser en deux parties bien distinctes. La partie supérieure a la forme d'une fonction exponentielle suivie d'un point d'inflexion et ensuite la courbe tend rapidement vers zéro. Ce point d'inflexion coïncide avec la limite peptisé-floculé comme nous la déterminons par notre méthode. Nous avons insisté sur la nécessité de choisir comme profil de référence un profil de forêt : l'allure régulière des courbes laisse entrevoir une loi, et permet certaines déductions. En effet, en forêt tout se passe comme si l'apport de matière organique capable de complexer le fer mobile se faisait à la surface : la quantité de fer mobile diminue rapidement mais régulièrement vers la profondeur, jusqu'au niveau de transition.

Du point de vue fer mobile total, il se dégage une nette différence entre le profil de forêt, le profil sous graminées et le profil de sol cultivé.

Le graphique (4) représente quelques-uns de ces profils. La première grande différence entre les profils de forêt et ceux des graminées est que dans ces derniers, l'apport de matières complexantes ne se fait pas uniquement à la surface. Tous les cas examinés montraient des aberrances positives (par rapport à la forêt) dans la zone peptisée. Dans la zone floculée, les différences sont évidemment moins marquées.

Beaucoup de graminées libèrent des quantités de fer plus grandes que la forêt. Sous ce rapport les graminées :

Melinis minutiflora
Brachiaria Eminii
Panicum maximum
Cynodon plectostachyon

semblent particulièrement actives. Les moins actives, par exemple *Echinochloa pyramidalis,* ne semblent pas influencer profondément l'allure des courbes.

Par rapport à un sol sous forêt, dans un sol sous culture, les quantités de fer mobile total ne varient pas grandement : par contre, l'allure de la courbe « fer mobile total/profondeur « est profondément modifiée.

Nous sommes portés à penser que les différents composés de fer mobile des sols ne jouissent pas de propriétés identiques. En exécutant des extractions à vitesse constante, et en analysant des portions égales successives, nous pouvons acquérir une idée de la vitesse de déplacement du fer mobile par le réactif employé. Or, nous constatons que l'allure de ce déplacement est nettement différente pour la couche supérieure, le niveau de peptisation maximale et la zone floculée

Nous reproduisons ici trois de ces courbes d'un même profil de forêt (graphique 5). On remarquera que dans la couche supérieure le déplacement se fait d'une façon très rapide, et que les quantités déplacées diminuent très rapidement. A 30-40 cm., ces quantités restent, pendant un temps, presque constantes pour diminuer ensuite brusquement. Pour les couches de profondeur, les quantités déplacées sont insignifiantes. La couche intermédiaire possède un rapport colloïde peptisé/colloïde total élevé (92.5 %). La fraction du fer mobile qui se décèle par le palier de la courbe, semble liée au degré de peptisation.

Nous ne donnons ces résultats que sous certaines réserves : ceci est dû au fait que nos méthodes d'extraction du fer mobile exigent encore quelques mises au point; nous espérons publier sous peu un travail qui traitera plus en détail du fer mobile.

Quoi qu'il en soit, des deux coïncidences décrites ci-dessus, à savoir :

1) Qu'un point d'inflexion de la courbe fer mobile/profondeur se marque là où nous constatons la disparition des colloïdes peptisés,

2) Que l'apparition d'une espèce de fer mobile moins déplaçable se manifeste dans les couches peptisées et que les quantités sont maximales là où le rapport $P/T \times 100$ est le plus grand;

nous pensons pouvoir conclure, pour le moment, que les complexes organiques du fer jouent un rôle important dans la mise en peptisation naturelle.

II. — **Les valeurs de floculation.**

Dans un travail antérieur (1) nous avons fait remarquer que les colloïdes du sol passaient à l'état floculé et à l'état peptisé par des actions s'exerçant dans la zone des poils radiculaires, mais que la matière organique en décomposition jouit aussi de propriétés peptisantes. En vue d'élucider les mécanismes qui sont responsables de ces phénomènes, nous avons fait quelques expériences que nous résumerons ci-après.

L'étude est loin d'être complète mais elle jette un certain jour sur la nature des colloïdes naturellement peptisés.

Les suspensoïdes peptisés restent en suspension grâce aux charges électriques portées sur les micelles colloïdales, tandis que les émulsoïdes ont deux facteurs de stabilité : la charge et l'hydratation.

Nous avons essayé de déterminer par quelle action on pouvait faire floculer les colloïdes naturellement peptisés.

Nous plaçons 5 gr. de terre fine (passant au tamis de 0.297 mm.) dans un grand tube à essai d'une capacité totale d'environ 100 ml.

Nous ajoutons 2 cc. de notre réactif dispersant (voir (1) puis après agitation, 50 ml. d'eau distillée. De cette façon, la fraction colloïdale est séparée du reste. Les colloïdes naturellement peptisés restent en suspension : les autres floculent et se ramassent au fond du tube à essai. Par une analyse antérieure nous connaissons la quantité de colloïdes peptisés présente dans les échantillons : soit P la concentration.

Notre matériel d'étude est ainsi préparé. Nous avons utilisé des terres provenant de sols soumis à des expériences de cultures vivrières ainsi que des échantillons prélevés dans les lambeaux forestiers entourant ces parcelles (objet 1).

A) VALEUR DE FLOCULATION :

1) *Technique opératoire.*

Nous ajoutons aux suspensions colloïdales décrites des quantités croissantes d'ions Na^{+} introduits sous forme de NaCl en solution de normalités différentes. Après chaque ajoute, nous agitons le tube, nous laissons au repos pendant 15 minutes et nous examinons le tube à travers un faisceau de lumière jaune fournie par un fort projecteur. Au bout de ce laps de temps, les colloïdes naturellement floculés se sont déposés et il ne reste en suspension que les colloïdes peptisés. A partir d'une certaine concentration en électrolytes (que nous appelons C.), nous voyons apparaître des flocons dans la couche surnageante, car la stabilité du colloïde peptisé est détruite : « C » est la « valeur de floculation ».

Comme les quantités de colloïdes peptisés présents au début de l'expérience varient d'un échantillon à l'autre, pour obtenir des chiffres

comparables nous avons défini une grandeur R = 10' C/P où « C » est exprimé en 10^{-3} milliéquivalents Na^{+} par cc. et « P » la concentration colloïdale en milligrammes par cc.

2) *Examen des résultats :*

a) Dans un profil, la valeur R varie très rapidement : élevée en surface, elle tombe très vite.

Citons quelques exemples :

Profil 1	R	Profil 2	R	Profil 3	R
0-10 cm.	680	0-10 cm.	16.470	0-10 cm.	723
10-20 »	39	10-20 »	3.670	10-20 »	168
20-30 »	5	20-30 »	19	20-30 »	11

b) D'un profil à l'autre, dans un même sol, la variabilité est grande.

Voici trois profils situés à 15 m. l'un de l'autre dans un champ en fin de rotation et portant du manioc et des bananiers (couloir V).

Profil 1	R	Profil 2	R	Profil 3	R
0-10 cm.	115	0-10 cm.	9.850	0-10 cm.	1.050
10-20 »	53	10-20 »	454	10-20 »	69
20-30 »	48	20-30 »	12	20-30 »	40

c) Malgré cette grande variabilité, un fait se dessine assez nettement : pour l'échantillon superficiel, la stabilité du colloïde peptisé est plus grande dans des parcelles ayant subi des cultures que dans des lambeaux forestiers.

Voici quelques exemples moyens :

Couloirs	V	IV	III	VI	Lambeaux forestiers		
0-10 cm.	3671	3360	8000	1047	427	875	850
10-20 »	192	26	1377	20	30	24	67
20-30 »	33	—	31	—	—	—	19

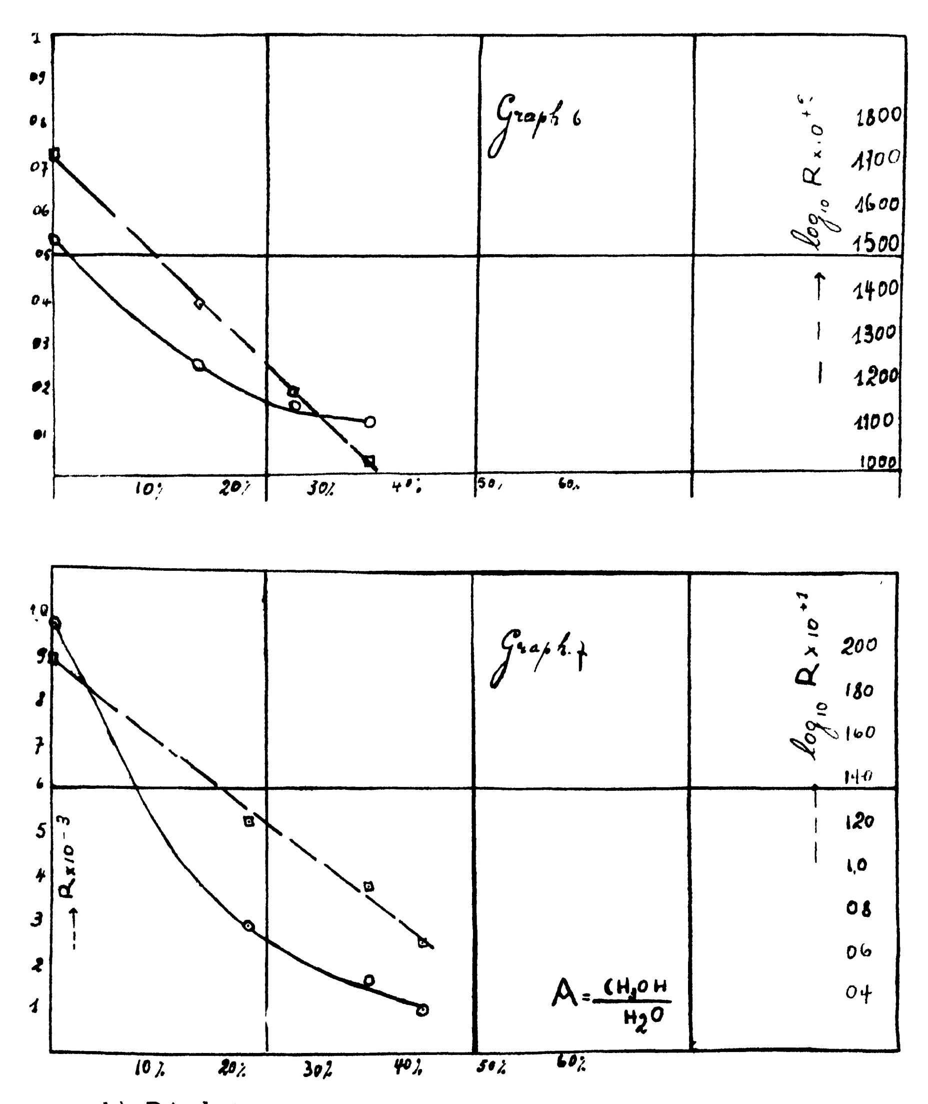
Au stade du recrû de 3 ans d'Abroma, il y a une nette augmentation : c'est pour cette parcelle que nous avons trouvé les valeurs les plus hautes (III).

B) COURBE DE DESHYDRATATION/DECHARGE :

a) *Technique opératoire.*

Nous partons de la suspension colloïdale préparée selon la méthode décrite précédemment : nous y ajoutons de l'alcool méthylique

(CH_3OH) en proportion variable : ensuite, pour plusieurs proportions, nous déterminons la concentration de floculation. Ce sont les grandeurs R, comme précédemment, que nous comparons et nous traçons une courbe avec R en ordonnée et la proportion d'alcool sur eau en abscisse.



b) *Résultats.*

Examinons deux de ces courbes à titre d'exemple (voir graphiques 6 et 7). Sur chacun des graphiques nous avons fait figurer (en trait plein) la courbe de R en fonction du pourcentage (A) croissant du rapport des volumes alcool/H_2O, et en trait hachuré la variation du $\log_{10}$ R en fonction du même pourcentage.

1° On voit immédiatement que R varie sensiblement d'une façon logarithmique avec A.

2° Il s'ensuit que la déshydratation effectuée par l'alcool abaisse d'une façon très rapide la stabilité électrique des micelles colloïdales.

Nous avons obtenu plusieurs courbes de ce genre; elles ont toutes l'aspect des exemples indiqués.

C) CONCLUSION :

Nous pensons pouvoir affirmer, à la lumière de ces expériences, que les colloïdes naturellement peptisés sont des *colloïdes émulsoïdes chargés*. En effet, ils sont sensibles à la fois aux facteurs de déshydratation (alcool) et de décharge (électrolytes).

D'autre part, ces émulsoïdes ne semblent pas assez hydratés pour pouvoir exister à l'état dispersé, sans l'aide de leur charge; ceci explique qu'avec des électrolytes seuls on peut provoquer la floculation

Des phénomènes semblables sont connus : voir l'exemple des sols de caséine donné par KRUYT (4).

De plus, les caractères d'hydratation et de charge s'atténuent vite dès que la profondeur à laquelle est situé l'échantillon augmente.

Les colloïdes naturellement peptisés semblent plus stables dans les terrains ayant subi des cultures que dans les sols forestiers.

BIBLIOGRAPHIE

1 J D'HOORE et J. FRIPIAT. — *Recherches sur les variations de structure du sol à Yangambi, Congo Belge.* A paraître dans la série scientifique des publications I.N.E A.C
Voir : *Structural variations of Yangambi — Belgian Congo Soils.* « Soil Science », vol. LXVI, n° 2, août 1948

2 A F. FOCAN, J. L. D'HOORE et J. J. FRIPIAT. — *Essais de classification des types de sol de la région de Kaniama,* présenté à ce congrès.

3 J L. D'HOORE — *Les composés du fer du sol,* présenté à ce congrès.

4 A H KRUYT — *Les colloïdes :* Alcan.

Quelques caractéristiques microbiologiques du Sol des îles du fleuve Congo

par

H. LAUDELOUT,
Assistant à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C.

Le but de cette note est de présenter quelques données sur le nombre et la répartition systématique des microorganismes du sol des îles du Fleuve Congo.

Les grandes lignes du mécanisme de la formation de ces îles et des variations de la végétation aux divers stades ont fait l'objet d'un travail récent du Dr J. LOUIS (1).

Rappelons ici très brièvement les principaux stades.

Les bancs de boue ou de sable sont colonisés par diverses associations végétales pendant les périodes d'exondaison. Cette végétation ralentit le courant pendant les crues et le niveau du sol des îles s'élève peu à peu, la prairie aquatique à *Echinochloa* marque la fin de ce premier stade. Vient ensuite l'envahissement par des formes arbustives qui culmine en l'*Alchornetum*.

A son tour, l'*Alchornetum* se transforme au cours du vieillissement de l'île, en forêt périodiquement inondée. Le dernier stade est celui de la forêt telle qu'elle se présente dans les vieilles îles.

L'étude des phénomènes microbiologiques qui accompagnent la formation d'un sol à partir des alluvions du fleuve, présente un double intérêt.

Tout d'abord les îles montrent des sols à divers stades d'évolution, ce qui doit permettre d'obtenir une idée sur le mécanisme de la pédogénèse sous les conditions de la Cuvette centrale où les sols juvéniles sont très rares.

Ensuite, l'étude de la microflore pourra, sans doute, permettre d'obtenir quelques indications sur l'évolution de la fertilité du sol après la disparition du couvert naturel et la mise en culture.

Partie expérimentale.

Divers types d'alluvions ou de sols alluvionnaires ont été examinés à presque tous les stades de formation des îles.

Les échantillons qui devaient servir à l'analyse microbiologique furent prélevés aseptiquement sur la paroi fraîche du profil. L'ensemencement fut effectué le jour même du prélèvement, endéans les six heures. Après dilution d'une fraction de 50 g. de sol en eau stérile, des plaques furent coulées avec deux milieux gélosés, après ensemencement avec une aliquote de la dilution finale (1/10,000 ou 1/100,000).

Le milieu utilisé pour la numération des bactéries et des actinomycètes était le Na albuminate agar (2). Les colonies étaient comptées sur ce milieu après sept jours d'incubation à la température du laboratoire.

Le milieu utilisé pour la numération des fungi était le Czapek agar au Rose bengale au 1/15,000 (3). Les numérations étaient effectuées sur ce milieu après trois ou quatre jours d'incubation à la température du laboratoire.

La démonstration des bactéries réduisant les sulfates dans certains horizons des profils examinés se fit sur le milieu de STARKEY (4).

RESULTATS

I. — Bancs de boue et de sable.

Les échantillons relatifs à ces formations furent prélevés dans l'île Bokewaliselele à la hauteur de Yaosuka.

Le profil 1 fut prélevé sur un monticule de l'île couvert de *Cyperus maculatus.*

Le plan d'eau était à 32 cm. de la surface du sol.

Le sol était constitué de sable grossier avec des couches intercalaires de boue limoneuse

L'échantillon N° 1 est du sable grossier prélevé immédiatement à la surface, l'échantillon N° 2 est constitué par un mélange de boue et de sable prélevé immédiatement au-dessus du plan d'eau et l'échantillon N° 3 est formé de boue limoneuse prélevée également juste audessus du plan d'eau.

Le profil 2 fut prélevé dans un creux de la même île, à 6 mètres du trou précédent, sur du sable grossier, avec une pellicule de boue en surface. Le plan d'eau était à 9 cm.

Le profil 3 fut prélevé sur un monticule un peu plus élevé que celui du profil 1, et qui était mieux couvert par *C. maculatus.*

La paroi du profil montrait une succession de couches de boue limoneuse et de sable grossier, dans l'ordre suivant : boue de 0 à 3 cm.,

sable de 3 à 7, boue de 7 à 12, sable de 12 à19, boue de 19 à 21, sable de 21 à 48. Le plan d'eau était à 48 cm.

L'échantillon 1 de ce profil était un mélange de boue et de sable prélevé à la surface du sol, l'échantillon 2 du sable grossier prélevé à 15 cm. et l'échantillon 3 du sable prélevé au-dessus du plan d'eau.

TABLE I.

Humidité en % (base humide), nombre total de microorganismes par gramme de sol frais et abondance relative en % des bactéries et actinomycètes dans les bancs de sable.

Profil	Echantillon	Humidité	Nombre total	Abondance relative	
				Bactéries	Actinomycètes
1	1	27 6	947.000	56.2	43.8
	2	28.0	621.000	38.3	61.7
	3	39.0	696.000	47.1	52.9
2		13.5	291.700	68.6	31.4
3	1	23.6	1.170.400	44.4	55.6
	2	21 1	520.000	90.0	10 0
	3	25.5	1.289.000	30.5	69.5

Quelques échantillons ont été également prélevés sur un banc de boue (Litolombo) qui était complètement couvert par une végétation où dominait *Sphenoclea zeylanica*.

Ce banc était sous à peu près dix cm. d'eau, il venait d'être submergé après avoir été exondé pendant plusieurs semaines. (*).

TABLE II.

Nombre de bactéries aérobies et anaérobies et d'actinomycètes par gramme dans un bans de boue sous *Sphenoclea zeylanica*.

	Aérobies	Anaérobies	Actinomycètes
Echantillon de surface . . .	122.000	94.000	653.200
Echantillon de profondeur. . .	121.000	103.000	473.000

II. — La prairie aquatique à *Echinochloa* sp.

Le profil 1 fut prélevé dans l'île Bokewaliselele, sous une formation très dense à *Echinochloa pyramidalis*. (Le terme « profil » qui est utilisé ici est évidemment pris dans son acception courante et n'a pas sa stricte signification pédologique).

(*) D'après l'échelle d'étiage, ce banc a été exondé à partir de fin juin, pendant la plus grande partie de juillet et du début d'août, et submergé définitivement à partir de fin août. (Renseignement communiqué par la Division de Botanique).

L'aspect du profil correspondait à la description suivante :

N° de l'échantillon	Profondeur en cm.	
1	0 — 2	Débris végétaux mélangés de sable.
2	2 — 15	Zone d'infiltration dans du limon.
3	15 — 23	Zone sablo-limoneuse avec paillettes de mica.
4	23 — 58	Zone limoneuse plastique tachetée de rouille; les taches sont toujours en relation avec des racines ou des débris végétaux.
5	58 — 75	Sable assez fin, gris noir avec des paillettes de mica; cette zone montre une stratification horizontale constituée par l'alternance de très fines couches de limon et de sable, ce qui lui donne sa couleur caractéristique.
6	75 — 88	Sable grossier avec paillettes de mica.

Le plan d'eau était à 83 centimètres.

Le profil 2 fut prélevé dans l'île Tuli Moke à la hauteur de Yaekela; ce profil ne montrait aucune différenciation notable. Le sol était formé d'un limon plastique à taches rouille contenant un peu de sable fin et de paillettes de mica. Le plan d'eau était à 36 cm.

Le profil 3 fut prélevé dans la même île, à quelques mètres du profil 2.

A cet endroit, le sol avait été sous culture d'arachides qui venaient d'être récoltées. Le plan d'eau est à 20 cm. Il n'y a pas de différence morphologique appréciable avec le profil 2.

TABLE III.

pH, humidité en % (base humide), nombre total de microorganismes par gramme de sol et abondance relative des fungi, bactéries et actinomycètes en % sous la prairie aquatique à *Echinochloa* spp.

Profil	Profondeur	pH	Humidité	Nombr. total de microorganismes	Abondance relative en %		
					Fungi	Bactéries	Actinomycètes
1	2 — 15	—	36.0	688.000	—	28.4	71.6
	15 — 23	—	47.4	794.000	—	33.9	66.1
	23 — 58	—	42.3	671.500	—	33.1	66.9
	58 — 75	—	37.5	667.000	—	31.0	69.0
	75 — 88	—	16.0	73.000	—	6.2	93.8
2	0 — 5	4.80	—	3.610.000	—	77.6	22.4
	15	5.36	42.8	633.000	2.1	90.0	7.9
	30	4.71	—	706.000	0.8	96.3	2.9
3	0 — 5	5.06	48.0	4.448.000	0 4	87.3	12.3
	10	4.46	—	869.000	1.0	94.4	4.6

III. — L'*Alchornetum* et la forêt périodiquement inondée.

D'après les profils qui ont pu être observés jusqu'ici, il semble que ce soit sous cette association que se passe la transformation de sédiments hétérogènes en un sol proprement dit. La série de profils qui est donnée ici a été prélevée dans une même île (Ile Tuli en amont de Yaekela).

Profil 1. — Le profil 1 fut prélevé à la partie aval de l'île, sous l'*Alchornea;* l'aspect du profil était le suivant :

Profondeur	
0 — 4 cm.	Zone humifère, limoneuse, assez pulvérulente.
4 — 12 »	Zone limoneuse, légèrement infiltrée.
12 — 30 »	Sable assez fin avec des veines de limon.
30 — 51 »	Sable limoneux.
51 — 61 »	Sable moins limoneux que le niveau précédent et contenant des paillettes de mica.

Le plan d'eau est a 61 centimetres

Profil 2. — Le second profil fut prélevé dans la partie centrale de l'île, également sous *Alchornea.*

Profondeur	
0 — 2 cm.	Sol superficiel, brun gris, assez meuble.
2 — 20	Zone légèrement infiltrée, plastique, argilo-limoneuse avec des taches rouille assez peu marquées.
20 — 36 »	Zone limoneuse, plastique à taches rouille bien marquées

Le plan d'eau est à 36 centimètres.

Profil 3. — Ce profil fut également prélevé dans la partie centrale de l'île sous *Alchornea.*

Profondeur	
0 — 2 cm.	Zone superficielle humifère.
2 — 13 »	Zone d'infiltration.
13 — 33 »	Zone limoneuse à taches rouille bien marquées, tout à fait semblable à la zone inférieure du profil précédent.

Le plan d'eau est à 33 centimètres

Profil 4. — Le profil 4 fut prélevé à la tête de l'île sous la forêt périodiquement inondée.

Profondeur	
0 — 2 cm.	Zone humifère.
2 — 23 »	Zone assez hétérogène, sablo-limoneuse, légèrement infiltrée.
23 — 54 »	Zone à taches rouille, plus lourde et moins plastique que la zone correspondante sous les profils à *Alchornea*.

Quelques échantillons du sol superficiel cultivé ont été également analysés; ce sol avait porté une culture d'arachides qui venait d'être récoltée; les champs où ces échantillons ont été prélevés se trouvaient à proximité immédiate des profils 1 et 2.

TABLE IV.

pH, nombre total de microorganismes par gramme de sol frais et abondance relative des fungi, bactéries et actinomycètes en % sous l'*Alchornetum* et la forêt périodiquement inondée.

Profil	Profondeur	pH	Nombr. total de micro-organismes	Abondance relative en %		
				Fungi	Bactéries	Actinomycètes
1	0 — 4	5.32	2.780.000	1.1	90.6	8.3
	4 — 12	4.29	849.000	0.5	71.8	27.7
	12 — 30	4.97	354.000	—	40.1	59.9
	30 — 51	5.32	364.000	—	22.5	77.5
	51 — 61	5.32	560.000	—	27.3	72.7
2	0 — 2	0.06	2.500.000	1.0	93.8	5.2
	2 — 20	4.71	560.000	0.7	77.5	21.8
	20 — 36	4.95	673.000	0.4	89.5	10.1
3	0 — 2	5.23	2.880.000	0.5	96.7	2.8
	2 — 13	3.95	1.394.000	1.2	64.1	34.7
	13 — 33	3.98	567.000	1.9	69.5	28.6
4	0 — 2	4.37	2.919.000	1.0	87.7	11.3
	2 — 23	4.42	703.000	0.6	86.8	12.6
	23 — 54	4.63	304.000	1.6	67.8	30.6
Sol cultivé	0 — 2	4.46	3.326.000	1.7	87.7	10.6
	0 — 2	4.71	5.177.000	0.3	91.0	8.7

IV. — La forêt des vieilles îles du fleuve.

Les deux profils dont les caractéristiques sont données ci-dessous ont été prélevés dans une vieille île (Ile Tutuku).

Le profil 1 était sous une forêt secondaire (jachère d'une dizaine d'années environ), le profil 2 était sous forêt primaire.

Profil 1 (Description de M. FOCAN) :

Profondeur	
0 — 12 cm.	Terre jaune sale, légèrement humifère, beaucoup de racines, argileuse collante, sable fin, plasticité spéciale.
12 — 35 »	Terre jaune, plus claire, plus collante, argilo-limoneuse, non tassee.
35 — 65 »	Terre jaune, argileuse, plus dure, plus tassée, collante mais non plastique.
65 — 95 »	Terre jaune, plus claire, plus dure, plus tassee, sans racines.

Profil 2 :

Profondeur	
0 — 3 cm.	Débris végetaux et sable,
3 — 13 »	Terre grise, meuble, avec du sable fin
25 — 45 »	Terre infiltrée de matière organique, encore assez meuble
45 — 75 »	Terre jaune plus claire, plus compacte, plus argileuse.

TABLE V.

pH, humidité en % (base humide), nombre total de microorganismes par gramme de sol frais et abondance relative en % des bactéries et actinomycètes sous la forêt des vieilles îles.

Profil	Profondeur	pH	Humidité	Nombre total de micro-organismes	Abondance relative en %	
					Bactéries	Actinomycètes
1	0 — 12	4.37	24.1	2.120.000	84.0	16.0
	12 — 35	4.53	24.1	808.000	86.1	13.9
	36 — 65	4.63	24.2	288.000	81.9	18.1
2	3 — 13	4.03	19.4	1.162.000	75.0	25.0
	13 — 25	4.29	19.4	497.000	90.5	9.5
	25 — 45	4.37	17.1	402.000	95.0	5.0
	45 — 75	4.63	16.7	168.000	82.1	17.9

DISCUSSION DES RESULTATS.

Le caractère le plus frappant des sols qui ont été examinés pour ce travail est le niveau élevé que peut atteindre la population microbienne.

Dès qu'un sédiment exondé est couvert par la végétation, il s'établit une microflore beaucoup plus abondante que dans les sols de terre ferme sous un couvert végétal similaire.

Un exemple de cette augmentation rapide de la microflore avec l'établissement de la végétation est présenté par les données relatives aux bancs de sable (Table I). L'abondance des microorganismes est triplée ou quadruplée lorsque l'on passe d'une fosse du banc à une fosse couverte par *Cyperus maculatus.*

Il est curieux de constater que la nature des sédiments n'exerce qu'une influence limitée sur l'abondance de la microflore dans un même « profil ». Dans les cas extrêmes, évidemment, une influence pourra se manifester. C'est le cas, par exemple, pour la couche de sable grossier du profil 3 de la Table I (échantillon N° 2). L'influence de cette couche se manifeste par une nette réduction de la microflore, alors que la couverture dense de *C. maculatus* provoque l'apparition d'une microflore abondante aux niveaux supérieurs et inférieurs du profil. Par contre, les profils qui correspondent à la prairie aquatique à *Echinochloa* (Table III, profil 1) ou à l'*Alchornetum* (Table IV) ne montrent aucune variation dans l'abondance de la microflore, que l'on pourrait attribuer à la nature des sédiments, sauf encore une fois, pour les cas tout à fait extrêmes.

Il en est d'ailleurs de même après un certain stade pour la végétation supérieure.

Il semble qu'il soit possible de caractériser les divers stades de la formation des îles, par le niveau de l'abondance de la microflore et la répartition systématique des microorganismes.

La microflore des bancs de sable est caractérisée par l'abondance la plus faible et une forte proportion d'actinomycètes.

Comme il a été dit, la densité du recouvrement végétal des fosses de l'île fait varier fortement l'abondance de la microflore. Les fosses de l'île qui sont moins densément couvertes par la végétation ont une microflore moins abondante.

Les bactéries qui font partie de la microflore des bancs de boue sont en grande majorité des anaérobies (Table II).

Le fait que l'analyse microbiologique du banc de boue submergé révèle une très forte proportion d'actinomycètes indique que ce groupe de microorganismes a dû être actif pendant la période d'exondaison.

Puisque les actinomycètes saprophytes sont des aérobies stricts, il est impossible qu'ils soient actifs durant la submersion du banc. La

décomposition de la matière organique provenant de la couverture végétale sera donc effectuée par une population bactérienne restreinte pendant toute la période de submersion.

Les caractéristiques de la microflore de la prairie aquatique à *Echinochloa*, telles qu'elles sont données pour le profil I de la table III, diffèrent de celles des bancs de sable en une microflore un peu plus réduite (mais les différences ne sont guère significatives) et une proportion nettement plus élevée des actinomycètes. Lorsque l'on considère une prairie aquatique plus âgée (si l'on peut prendre comme critère de l'âge l'envahissement par les formes arbustives) on voit que la microflore augmente considérablement en surface, tout en restant stationnaire en profondeur et que la proportion des bactéries et des actinomycètes s'inverse. L'aspect de la microflore se rapproche ainsi de celui de l'*Alchornetum*.

Il est toutefois possible que les différences qui existent entre la microflore des prairies à *Echinochloa* d'âges différents ne soient pas dues à l'âge mais à la variation saisonnière de la hauteur du plan d'eau au cours des prélèvements. (*)

La microflore du sol des couches superficielles de l'*Alchornetum* est moins abondante que la couche correspondante de la prairie à *Echinochloa* (une moyenne de 2.700.000 pour l'*Alchornetum*, contre 3.600.000 pour la vieille prairie aquatique à *Echinochloa*). De même, la proportion des actinomycètes dans cette couche superficielle est nettement plus faible que sous *Echinochloa*. La proportion des actinomycètes remonte ensuite légèrement sous la forêt périodiquement inondée et ceci amorce la transition avec la forêt des vieilles îles.

Sous cette forêt, le nombre total des microorganismes dans la couche superficielle subit une diminution notable et l'abondance relative des actinomycètes croît sensiblement. Les caractéristiques de la microflore se rapprochent donc de celles des forêts de terre ferme.

Avant de passer à l'examen de l'influence de la disparition du couvert naturel et de la culture sur la microflore, il nous reste à examiner deux questions qui sont d'importance primordiale dans la pédogénèse de ces sols. Ce sont la précipitation des composés du fer et la réduction des sulfates.

Une des caractéristiques les plus frappantes des stades jeunes de la formation des îles est la présence d'une zone limoneuse ou argilo-limoneuse plastique où apparaissent des taches rouille abondantes. Presque toujours ces taches sont en relation avec des débris de matière organique ou de jeunes racines.

(*) En fait, il y avait 0.80 m. de différence entre les hauteurs d'étiage au moment des prélèvements dans la jeune et dans la vieille prairie à *Echinochloa*. (Renseignement communiqué par la Division de Botanique).

L'apparition de cet hydroxyde de fer précipité à des endroits où une abondance de matière organique semblerait devoir maintenir le fer à l'état soluble sous forme de complexes paraît assez paradoxale.

Il nous semble que l'on peut avancer l'explication suivante :

L'oxydation du fer ferreux en fer ferrique

$$4\,Fe^{++} + O_2 + 4\,H^+ \rightleftharpoons 4\,Fe^{+++} + 2\,H_2O$$

dépend du pH et de la pression d'oxygène.

Cette oxydation est théoriquement toujours possible, puisque le potentiel normal du système rédox

$$4\,H^+ + O_2 + 4\,e \rightleftharpoons 2\,H_2O \quad (1.23\ V - 0.06\ pH) \quad (1)$$

est toujours supérieur à celui du système.

$$Fe^{+++} + e \rightleftharpoons Fe^{++} \quad (0.71\ \ V)$$

L'application de la loi d'action des masses à l'oxydation du fer ferreux montre que le rapport du fer ferrique au fer ferreux sera proportionnel à la concentration en ions hydrogène et à la pression partielle d'oxygène.

$$\frac{(Fe^{+++})}{(Fe^{++})} = k\ (H^+)\ (O^2)^{1/4}$$

De plus, il faut tenir compte du fait que la formation de complexes organiques ferriques abaissera le potentiel rédox du système fer ferrique/fer ferreux par rapport à celui du système (1) et accélérera l'oxydation du fer ferreux.

En effet, la relation

$$E = 0.75 + 0.06 \log \frac{(Fe^{+++})}{(Fe^{++})}$$

devient, en préence d'un ion organique M comp'exant le fer ferrique,

$$E = 0.75 + 0.06 \log \frac{S}{(M)}\ \frac{1}{(Fe^{++})}$$

si $(Fe^{+++})\ (M) = S$ exprime la relation d'action des masses obtenues en intégrant la concentration du complexe dissocié dans la constante.

On a alors :

$$E = 0.75 + 0.06 \log S - 0.06 \log (M) + 0.06 \log \frac{1}{(Fe^{++})}$$

Cette relation montre donc que le potentiel rédox du système Fe^{+++}/Fe^{++} sera d'autant plus bas que les produits complexants seront plus abondants et que les complexes ferriques formés seront plus stables.

Ceci explique donc que lorsque le sol est exondé, l'oxydation du fer se fera de préférence là où une source de matière organique décomposée par une population abondante de microorganismes permettra de réaliser ces deux conditions.

Il reste cependant à expliquer pourquoi le fer ferrique ne reste pas en solution sous forme de complexes, mais précipite sous forme d'hydroxyde.

Une explication immédiate et qui a déjà été proposée par STARKEY et HALVORSON (5) est que l'activité des microorganismes détruit ces radicaux organiques à peu près aussitôt qu'ils ont été formés à partir de la matière végétale.

Une expérience préliminaire afin de vérifier ce point a montré qu'en ensemençant avec une aliquote d'une dilution convenable du sol de ces horizons, un milieu minéral gélosé contenant l'ion ferrique complexé par l'anion citrate, 30 à 50 % des bactéries et des actinomycètes qui se développaient sur le milieu pouvaient précipiter le fer de son complexe organique.

Pendant toute la période d'anaérobiose durant la submersion du sol de l'île, le fer ferrique sera resolubilisé et réduit à l'état ferreux. En même temps, aura lieu la réduction des sulfates.

Le microorganisme responsable de cette réduction, *Sporovibrio desulfuricans* BEIJ. STARKEY, a été mis en évidence dans certains des horizons des profils examinés.

La recherche de ce microorganisme a été entreprise en raison du fait que certains horizons des profils examinés dégageaient une odeur caractéristique de H_2S et avaient la couleur grisâtre caractéristique des sols où se passent de tels phénomènes de réduction.

S. desulfuricans a été trouvé dans des horizons bien caractérisés des profils examinés, c'est-à-dire dans des couches brun gris ou gris sous-jacentes à un horizon montrant des taches de rouille. Parfois un horizon de réduction pouvait être intercalé entre deux horizons d'oxydation

Ceci s'explique sans doute par le fait que les sols examinés venaient d'être exondés et les phénomènes de réduction s'arrêtent à des époques différentes suivant la perméabilité de l'horizon.

Parfois des phénomènes de toxicité, indubitablement causés par l'hydrogène sulfuré ont pu être observés : dans un profil, les racines s'arrêtaient très nettement à la limite supérieure d'une zone de réduction. La couche ne contenait pas *S. desulfuricans*, alors que la couche inférieure en contenait en abondance.

Les conditions nécessaires à la réduction microbiologique des sulfates sont la présence de matière organique ou d'hydrogène moléculaire comme donateurs d'hydrogène, et l'absence d'oxygène.

Ces conditions sont réunies lors de la submersion des îles, la matière organique qui a été produite par les plantes pendant la période d'exondaison est décomposée en anaérobiose, et les produits de décomposition servent de donateurs d'hydrogène.

L'hydrogène sulfuré produit est généralement précipité en totalité par le fer, sous forme de FeS insoluble. Il est probable que ce phénomène de réduction amène un enrichissement du sol des îles en S et en Fe, à partir de l'eau du fleuve, puisque ces deux éléments sont liés, pendant la période de submersion, sous forme insoluble.

Un phénomène concomitant de la réduction des sulfates est l'élévation du pH. En effet, comme l'anion sulfate disparaît sous une forme insoluble, il reste un radical basique et l'équilibre ionique des solutions du sol exige la dissociation d'une nouvelle quantité d'ions OH^{+}.

Après l'exondaison du sol, il se produit une réoxydation du fer et du soufre réduits, ce qui entraîne une diminution du pH.

Effectivement, on constate qu'au cours de la période d'exondaison, le pH subit une diminution notable et rapide dans les horizons de réduction.

Ainsi, pour l'*Alchornetum*, au mois de juillet, les pH de ces horizons variaient de 6 3 à 7.0, alors que trois mois plus tard le pH le plus élevé qui fut observé était 5.3 et le plus bas *3.9*. (Il s'agit, bien entendu, des pH déterminés sur le sol frais).

L'influence de destruction du couvert naturel et de la mise en culture se marque très nettement après une période de quelques mois

Ainsi, sous l'*Echinochloa*, la microflore augmentait de 23 à 37 %, et sous l'*Achornetum*, elle augmentait de 23 à 48 %.

Le niveau plus élevé qui s'établit persiste longtemps encore après l'abandon de la culture. Les données relatives au Profil I de la Table V, qui correspond à une jachère d'une dizaine d'années, le montrent clairement.

BIBLIOGRAPHIE

1 Louis, J. — *L'origine et la végétation des îles du fleuve de la région de Yangambi*. C. R. Semaine agricole de Yangambi. Vol. II, p 924. 1947.

2. Waksman, S. A. — *Microbial analysis of soil as an index of soil fertility II Methods of study of number of microorganisms in the soil.* Soil Sci. 14, 283-298. 1922.

3. Smith, N. R. & Dawson, V. T. — *The bacteriostatic action of rose bengal in media used for plate counts of soil fungi.* Soil Sci 58, 467-471 1944.

4 Starkey, R. L. — *A study of spore formation and other morphological characteristics of Vibrio de sufuricans.* Arch. f. Mikrobiologie, 9. 268-304. 1938.

5 Starkey, R. L & Halvorson, H. O. — *The role of microorganisms in transformations of iron in nature.* Proc. First International Cong. Soil Sci III, IV, 290-295, 1928.

Quelques caractéristiques microbiologiques de profils de forêts de la Cuvette centrale

par

H. LAUDELOUT et G. GILBERT.

Le rôle que jouent la matière organique et ses produits de décomposition est d'une importance primordiale dans la pédogénèse et dans la détermination des caractéristiques d'un type de sol.

Comme les transformations de la matière organique sont régies en premier lieu par la microflore, il semble logique de penser que, à chaque type de sol, sous un type de végétation donné, devra correspondre une microflore caractéristique.

Il n'existe qu'un nombre relativement restreint de travaux de microbiologie du sol ayant pour objet l'étude de la microflore en relation avec la morphologie du profil. Il en existe encore moins qui aient étudié la microflore du sol en relation avec les associations de végétaux supérieurs.

Pour des sols de prairie de l'Iowa, BROWN et BENTON (1) trouvèrent que les nombres de microorganismes dans les divers horizons de profils typiques pouvaient être mis en corrélation avec les autres caractéristiques des horizons. Les variations étaient beaucoup plus considérables entre les mêmes horizons génétiques de types de sol différents qu'entre les mêmes horizons d'un type de sol.

RAZUMOV et REMEZOV (2) ont observé une diminution du nombre de microorganismes avec la profondeur dans le même horizon d'un sol podzolique, et des différences significatives de la microflore dans le même horizon génétique de sol de morphologie différente.

TIMONIN (3) observa que dans de nombreux sols de forêt et de prairie du Canada, les horizons B contenaient une microflore plus abondante que les horizons A.

Dans une étude détaillée sur le sujet, VANDECAVEYE et KATZNELSON (4) ont passé en revue des types de sol très variés qui allaient des sols gris désertiques aux sols rouges et jaunes latéritiques. Les varia-

tions les plus significatives furent observées dans les nombres de fungi et d'actinomycètes, qui pouvaient varier dans la proportion de 1 à 200 et de 1 à 800 respectivement suivant le type de sol. Par contre, MAL'CHEVSKAIA ne parvint pas à mettre en évidence de différences significatives entre divers types de sols de forêt. (5)

Plus récemment, SMITH (6) démontre l'existence d'une microflore caractéristique pour sept types de sol de Floride.

Il semble démontré que les processus microbiologiques ne soient aucunement liés exclusivement aux couches supérieures du profil, les travaux de WILSON (7), de SABININ et MININA (8), de WAKSMAN (10) sont positifs dans ce sens

En ce qui concerne les relations entre la microflore et les associations, le travail le plus complet qui ait paru est celui de MORROW (9). Cet auteur démontra que le pH du sol et sa microflore étaient d'importants facteurs édaphiques pour les associations végétales et les caractéristiques du sol. Ce travail établit, en outre, la variation de l'abondance relative des divers constituants de la microflore dans une succession végétale.

PARTIE EXPERIMENTALE

Les profils de sols examinés faisaient tous partie de la grande subdivision des « sols jaunes et bruns latéritiques » (*) Divers types de sol furent examinés sous divers types de forêt primaire ou secondaire, ainsi que sous quelques peuplements artificiels purs ou mélangés

Les échantillons qui devaient servir à l'analyse microbiologique furent prélevés aseptiquement sur la paroi fraîche du profil.

L'ensemencement fut toujours effectué le jour même du prélèvement, endéans les six heures.

Après dilution d'une fraction de 50 gr. de sol en eau stérile, des plaques furent coulées avec deux milieux gélosés après ensemencement avec une aliquote de 1 ml. de la dilution finale (1/1000 ou 1/10.000).

Le milieu utilisé pour la numération des bactéries était le Na-albuminate agar (11). Les colonies étaient comptées sur ce milieu après 7 jours d'incubation à la température du laboratoire (24 à 28° C.).

Le milieu utilisé pour la numération des fungi était le Czapek agar ou Rose bengale à 1/15.000 (12). Les numérations étaient effectuées sur ce milieu après 3 ou 4 jours d'incubation à la température du laboratoire.

(*) Cette appellation est selon toute probabilité manifestement incorrecte; nous l'adoptons provisoirement en l'absence d'une classification plus adéquate des sols de l'Afrique Centrale.

La méthode de numération des microorganismes, par culture, a de nombreux inconvénients et limitations qui sont trop connus pour qu'il soit utile de les rappeler ici. Cependant, les travaux récents de JAMES et SUTHERLAND (13) (14) ont montré que d'importantes conclusions pouvaient être atteintes sous certaines conditions par cette méthode

Le pH a été mesuré sur l'échantillon frais (Tableau de la microflore) et une deuxième fois sur terre séchée.

Le carbone a été déterminé suivant le procédé de WALKLEY A. et BLACK, I. A

La détermination de l'acide phosphorique a été faite par la méthode coeruléomolybdimétrique dans l'extrait à l'acide sulfurique N/20.

La méthode rapide de GEDROIZ-SCHOFIELD à l'acide chlorhydrique N/20 a été utilisée pour la détermination des bases échangeables.

La matière organique déplaçable par des solutions de fluorure de soude neutre fut déterminée par M. D'HOORE, minéralogiste, suivant une modification de la méthode de CHAMINADE (25). Les résultats sont exprimés en ml de $KMnO_4$ N/10 pour 10 gr. de sol (oxydation en milieu acide)

DESCRIPTION DES OBJETS ET RESULTATS.

Les descriptions des profils examinés et les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons qui en provenaient sont donnés ci-dessous dans l'ordre suivant :

1 — Forêt du type *Macrolobium Dewevrei.*
2 — Forêt hétérogène de plateau.
3. — Forêt à dominance de *Cynometra Alexandri.*
4. — Forêt des vieilles îles du fleuve Congo.
5 — Parasoleraie.
6 — Parcelles plantées.

1 — Forêt du type « Macrolobium Dewevrei ».

Peuplement presque pur de *Macrolobium Dewevrei*

Les descriptions de deux profils sous *Macrolobium* sont données ci-dessous.

Ces deux profils ont été prélevés sur une pente légère à 25 m. de distance, dans un sol très sablonneux. Nous donnons pour chaque profil : la description, le tableau résumant les analyses mécaniques et chimiques, ainsi que celui relatif à la microflore.

Profil 1.

Profondeur en cm.	Description
0 — 2	Litière.
2 — 10	Sol pulvérulent gris.
10 — 20	Zone d'infiltration grise.
20 — 41	Zone d'infiltration a taches irregulieres
41 — 74	Horizon jaune très compact.
74 — 99	Zone de compacité variable
99 — 125	Sol meuble.

N° Labo	N° Prosp.	Prof. en cm	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec preparation: 0 à 0.002 / 0.002 à 0.02	0.02 à 0.2	0.2 à 2 mm	ANALYSE CHIMIQUE: pH sec	C. %	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B.E HCL N/20
20.639	35-a	10	12 7	33 1	54.2	4 2	1 0	1 8	0.5
20.640	36-b	20	10 7	31.8	58.0	4.2	0.5	1 0	0 5
20.641	37-c	41	10 4	26.2	63.4	4.7	0.3	0 7	0.4
20.642	38-d	74	14 5	33.9	51 6	4.9	0.2	1 9	0 4
20 643	39-e	99	15 3	39 4	45 3	5 0	0 1	4.1	0 6
20.644	40-f	125	15.0	37.9	47.1	4.9	0 1	1.6	0 5

Profil 2.

Profondeur en cm.	Description
0 - 2	Litiere
2 — 7	Sol pulverulent gris
7 - 25	Zone d'infiltration irreguliere assez compacte
25 — 37	Zone de transition
37 — 60	Zone jaune brun
60 — 94	Zone compacte
94 — 120	Zone moins compacte
120	Sol meuble.

N° Labo.	N° Prosp	Prof en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec préparation: 0 à 0.002 / 0.002 à 0 02	0.02 a 0 2	0.2 à 2 mm	ANALYSE CHIMIQUE: pH sec	C. %	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B.E. HCL. N/20
20 645	41-a	7	14.4	24.2	61.4	4.1	1.1	1 5	0.8
20 646	42-b	25	14.1	24.4	61.5	4 2	0.6	1.1	0.8
20.647	43-c	37	15.2	29.6	55.2	4 3	0.2	0.3	0.8
20.648	44-d	60	14.8	31.9	53.3	4 3	0.2	0.3	1.9
20 649	45-e	94	16.4	28.0	55.6	4.3	0.1	0.4	0.9
20.650	46-f	120	16.1	21.2	62.8	4.3	0.1	0.5	1.1
20.651	47-g	150	17.8	32.0	50.2	4 4	0.1	0.5	1.0

Les résultats des numérations sur les différents horizons de ces deux profils sont donnés dans la table I avec le pH et le contenu en eau.

TABLE I.

pH, humidité en % (base humide), logarithmes du nombre total de microorganismes par gramme de sol frais et abondance relative des fungi, bactéries et actinomycètes sous *Macrolobium Dewevrei* DE WILD.

Profil	Profondeur cm.	pH	Humidité %	Logar. nombre total	Abondance relative en %		
					Bactéries	Actinomycètes	Fungi
1	2 — 10	4 71	11.4	6.199	90 1	8 6	1 3
	10 — 20	4.95	8.9	5.595	92.9	7.1	—
	20 — 41	5 06	8.9	5 440	92.0	8.0	—
	41 — 74	4.97	9.8	4 987	92 8	8.2	—
	74 — 99	5.16	9 6	5 215	79.9	20.1	—
	99 — 125	5.11	8.7	4 740	87.3	12.7	—
2	2 — 7	4.34	14.7	6 068	81.9	16.2	1 9
	7 — 25	4.56	12.8	5 380	90.0	10 0	-
	25 — 37	4.58	11.1	5 360	76.8	23.2	—
	37 — 60	4 89	8.2	4 866	81 0	19.0	-
	60 — 94	4 65	9.8	4 369	68 4	31.6	—
	94 — 120	4 71	10.1	4 514	78 0	22 0	—
	120	4 95	9 8	4 362	69 6	30 4	—

Les données relatives à ces deux profils montrent d'une façon frappante l'influence que peut exercer l'infiltration latérale sur l'abondance et la composition de la microflore.

L'effet du relief se manifeste d'autant plus facilement que la texture du profil est plus grossière et partant plus perméable

Le graphique I montre clairement les variations de la microflore dans les zones homologues de ces deux profils.

Le résultat de cette infiltration latérale est sans doute l'entraînement vers le bas des produits organiques facilement décomposables, ce qui cause un enrichissement de la microflore en actinomycètes dans la partie supérieure de la pente et une augmentation de l'abondance totale de la microflore vers le bas.

2. — **Forêt hétérogène.**

Formation de plateau.

Les descriptions de trois profils prélevés sous forêt hétérogène sont données ci-dessous. Un de ces profils (profil 1) correspond au sol jaune des plateaux de Yangambi; le second profil (profil 2) représente également un sol des plateaux de Yangambi, mais dont la couleur est jaune brun et qui contient moins d'éléments fins; le profil 3 représente également un sol jaune des plateaux apparemment assez similaire au profil I qui fut prélevé à une cinquantaine de kilomètres de Yangambi.

Profil 1 (Description de M. FOCAN)

Profondeur en cm	Description
0 — 10	Horizon humifère.
10 — 18	Horizon d'infiltration.
18 — 35	Horizon d'infiltration.
35 — 50	Horizon de transition
50 - 80	Horizon de transition.
80	Sol en place.

Profil 2.

Profondeur en cm.	Description
0 6	Zone superficielle pulverulente
6 — 15	Zone d'infiltration meuble grisâtre.
15 69	Zone de transition ne présentant aucune induration notable, sauf vers la base où elle est toutefois peu marquée
69 plus	Zone meuble plus claire que la précédente

Ce sont deux profils moyens de la région de Yangambi

Profil 3.

Profondeur en cm	Description
1 — 9	Zone noire, assez peu meuble.
9 — 18	Zone d'infiltration.
18 — 46	Zone de transition.
46 — 80	Horizon compact.
80 — 150	Horizon notablement plus meuble

N° Labo.	N° Prosp	Prof en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec préparation				ANALYSE CHIMIQUE			
			0 à 0 002	0.002 à 0.02	0.02 à 0.2	0.2 à 2 mm.	pH sec	C. %	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B.E HCL. N/20
20.664	60-a	9	17.5		19 1	63.4	4.6	0 9	2.2	1.2
20.665	61-b	18	25.3		19.4	55.3	4.5	0.5	0.6	1.6
20.666	62-c	46	28.1		15.8	56.1	4.5	0.2	0.4	1.3
20.667	63-d	80	27.1		15.6	57.3	4.5	0.1	0.5	1.2
20.668	64-e	150	26.5		13.6	59.9	4.6	0.1	0.5	1.4

La table II donne les résultats de l'analyse microbiologique pour ces trois profils.

TABLE II.

pH, humidité en % (base humide), logarithmes du nombre total de micro-organismes par gramme de sol frais et abondance relative des bactéries, actinomycètes et fungi sous forêt hétérogène.

Profil	Profondeur cm	pH	Humidité %	Logar. nombre total	Abondance relative en % Bactéries	Actinomycètes	Fungi
1	0 — 10	4.07	17.4	5.497	84 3	11.1	4.6
	10 — 18	4.13	16.6	5.889	82.0	9.3	8.7
	18 — 35	4.24	16.6	5.171	74 2	20.2	5 4
	35 — 50	4.35	17.7	5.258	53 9	45.6	0.5
	50 — 80	4.34	18.7	5.069	62.0	37.8	0.2
	80	4 58	18 0	4.923	32.2	66.2	0.6
2	0 — 6	3.95	14 5	6.000	72 1	24.0	3.9
	6 — 15	4.03	14 3	5.545	70.8	17.9	2.3
	15 - 69	4.20	13.7	5.121	84.8	15.2	—
	69	4.37	12 3	4.903	55 0	45.0	
3	1 — 9	4 20	14 6	5.829	90 4	6 5	3 1
	9 — 18	4 55	15 0	4.973	93 6	6.4	—
	19 — 46	4 63	14 0	4 936	83.3	16.7	—
	46 80	4.84	13 0	5.021	83 8	16.2	—
	80 — 150	4.80	13.0	4 787	91 5	8 5	—

3. — Forêt à dominance de « Cynometra Alexandri

Description des profils

Profil 1

Profondeur en cm	Description
0 1	Litière
1 - 10	Zone pulvérulente noire.
10 27	Zone d'infiltration brune.
27 — 45	Zone d'infiltration plus claire, plus compacte, hétérogène.
45 — 65	Zone compacte.
65 105	Zone plus meuble.
105 — 145 plus	Zone apparemment plus compacte.

N° Labo.	N° Prosp	Prof. en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mecanique avec préparation — 0 à 0 002	0 002 à 0 02	0.02 à 0.2	0.2 à 2 mm.	ANALYSE CHIMIQUE — pH sec	C. %	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B E. HCL. N/20	Matière organique déplaçable par NaF neutre — Précipitab. par H^2SO^4	Non préc. par H^2SO^4
20.652	48-a	10	17.2		26.2	56.6	4 1	1 5	1.6	1 0	35.9	15.1
20.653	49-b	27	17.3		20 9	61.8	4.3	0.7	0.7	1.1	2.8	29.9
20.654	50-c	45	19.3		22.8	57.9	4.5	0.3	0.4	1.2	0.9	26.3
20.655	51-d	65	19 9		25 0	55 1	4.4	0.2	0.3	1.2	1.0	25.0
20.656	52-e	105	23.2		23.6	53 2	4 4	0.1	0 5	1.2	0.8	23.2
20.657	53-f	145	23 0		23 7	53 3	4.5	0.1	0.5	1 9	0.9	16.4

Profil 2.

Profondeur en cm.	Description
0 — 1	Litière.
1 — 10	Zone pulverulente noire
10 — 21	Zone d'infiltration.
21 — 36	Zone d'infiltration plus claire. légerem compacte
36 — 79	Zone de transition
79 — 118	Zone compacte
118 — 145 plus	Zone plus meuble

N° Labo	N° Prosp.	Prof. en cm	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec préparation: 0 à 0 002	0 002 à 0.02	0.02 à 0.2	0.2 à 2 mm	ANALYSE CHIMIQUE: pH sec	C. %	P_2O_5 H_2SO_4 N/20	B E HCL. N/20	Matière organique deplaçable par NaF neutre: Précipitab. par H_2SO_4	Non préc par H_2SO_4
20.658	54-a	10	23.2		13.1	63 7	4.2	1 0	0.8	1.2	36 0	15 0
20.659	55-b	21	17 8		25.7	56.5	4 4	0 7	0 8	0.8	1 4	35 1
20.660	56-c	36	20 4		27 4	52 2	4 7	0 3	0.3	1.1	1.2	25 8
20.661	57-d	79	22.5		19.6	57.9	4 5	0.2	0.4	1 1	1 3	24 0
20.662	58-e	118	23.9		20 4	55.7	4 4	0 1	0 2	1.4	1.0	17 5
20.663	59-f	145	23 2		21 6	55.2	4.4	0.1	0 4	1.4	1 3	11 2

TABLE III.

pH, humidité en % (base humide), logarithmes du nombre total de micro-organismes par gramme de sol frais et abondance relative des bactéries, actinomycètes et fungi sous forêt à dominance de ***Cynometra Alexandri*** **C. H. Wright.**

Profil	Profondeur cm	pH	Humidité %	Logar nombre total	Abondance relative en %: Bactéries	Actinomycètes	Fungi
1	1 — 10	4 20	10.9	5.546	51.2	40.7	8 1
	10 — 27	4.29	9.8	5.562	71.5	28.5	—
	27 — 45	4.71	9.6	5.253	58 3	41.7	—
	45 — 65	4.80	19.9	5.318	68.7	31 3	—
	65 — 105	4.71	9.7	4.864	67.2	32.8	—
	105 — 145	4 71	10.7	4.762	68.2	31.8	—
2	1 — 10	4.20	15.1	5.833	79.3	17.6	3 1
	10 — 21	4.42	12.0	5.205	80 5	19 5	-
	21 — 36	4.48	11.3	5.179	76 8	13.2	—
	36 — 79	4.80	11.8	4.477	73.3	26.7	—
	79 — 118	4.89	11.5	4.582	66 0	34.0	-
	118 — 145	4.85	11.0	4.152	56.3	43.7	—

4. — **Forêt des vieilles îles du fleuve** (Ile Tutuku en amont de Yangambi).

Deux profils ont été examinés dans une de ces îles, profil I sous forêt secondaire (jachère d'une dizaine d'années environ), l'autre sous forêt primaire (profil 2). Description de M. Focan.

Profil 1.

Profondeur en cm	Description
0 — 12	Terre jaune, sale, legerement humifère, beaucoup de racines, meuble, argileuse, collante, sable fin, plasticité spéciale.
12 — 35	Terre jaune plus claire, plus collante, argilo-limoneuse, non tassee.
35 — 65	Terre jaune, argileuse, plus dure, plus tassée, collante, mais non plastique.
65 — 95	Terre jaune, plus claire, plus dure, plus tassée, sans racines

Profil 2.

Profondeur en cm	Description
0 — 3	Débris vegétaux et sable.
3 — 13	Terre grise, meuble, sablonneuse, collante.
13 — 25	Terre jaune-gris, à sable fin, assez plastique
25 — 45	Terre infiltrée de matière organique, encore assez meuble
45 — 75	Terre jaune plus claire, plus compacte, moins argileuse

Les résultats des numérations sur les échantillons de ces deux profils sont reproduits dans la table IV.

TABLE IV.

pH, humidité en % (base humide), logarithmes du nombre total de micro-organismes par gramme de sol frais et abondance relative des bactéries et actinomycètes sous forêt des vieilles îles.

Profil	Profondeur cm.	pH	Humidité %	Logar. nombre total	Abondance relative en %		
					Bactéries	Actinomycètes	Fungi
1	0 — 12	4 37	24 1	6 326	84.0	16.0	
	12 — 35	4 53	24.1	5 907	86.1	13 9	—
	35 — 65	4.63	24 2	5 459	81 9	18.1	
2	3 — 13	4 03	19 4	6 064	75.0	25.0	—
	13 — 25	4.29	19 4	5.696	90.5	9.5	—
	25 — 45	4.37	17.1	5.604	95.0	5.0	—
	45 — 75	4 63	16 7	5 227	82.1	17.0	—

5. — **La Parasoleraie.**

Les deux profils de sol sous Parasoleraie dont la description est donnée ci-dessous correspondent à deux sols distants d'une trentaine de kilomètres et dont l'historique était le suivant.

PROFIL I (PARASOLERAIE WEKO).

Les données ci-après nous furent communiquées par M. GERMAIN, Chef de la Division de Botanique.

Parasoleraie de 8 1/2 ans. En 1940, la culture du manioc touchait à sa fin.

STRATE ARBORESCENTE (+ de 9 m de haut) Recouvrement 80 % — Hauteur : 18 m.

Arbres :

5.5. *Musanga Smithii.*
1.1 *Vernonia conferta.*
1.1. *Macaranga spinosa.*
+.1. *Anthocleista squamata.*
+ 1 *Bridelia micrantha.*

Lianes

+.1. *Kolobopetalum* aff. *ovatum.*
+.1 *Hippocratea Bruneelii*
+.1 *Dichapetalum mombutuense.*
+.1 *Cnestis urens.*
+ 1 *Jatrorrhiza strigosa*
+ 1 *Morinda confusa.*
+ 1. *Psychotria cristata*
+.1. *Manihot utilissima*
+ 1 *Dioscorea Baya*
+ 1 *Dioscorea*

STRATE ARBUSTIVE (5 à 9 m) Recouvrement 20 %

Eléments de la parasoleraie et de la forêt secondaire

1.1 *Vernonia conferta.*
+.1. *Caloncoba Welwitschii.*
+.1. *Barteria fistulosa.*
+.1. *Ficus capensis*
+ 1 *Tetrorchidium didymostemon*
+.1 *Maesopsis Eminii*
+ 1 *Bosqueia angolensis.*
+ 1 *Conopharyngia durissima*
+ 1 *Myrianthus arboreus.*
+ 1 *Alstonia Gilletii*
+ 1 *Ricinodendron africanum*
+ 1 *Ferdinandia Adolphi-Frederici*

Eléments de la forêt primitive :

+ 1. *Albizzia gummifera.*
+ 1 *Fagara macrophylla*
+ 1 *Lannea Welwitschii*
+ 1 *Fagara Lemairei.*
+ 1 *Combretum oblongum*
+ 1 *Tessmannia* sp.

STRATE SUFFRUTESCENTE (1,50 à 5 m) Recouvrement 80 %

Eléments de la parasoleraie et de la forêt secondaire

1) Herbes érigées et lianiformes

3.2 *Trachyphrynium Liebrechtsianum*
3.2 *Afromomum subsericeum*
2.2 *Palisota ambigua.*
1.2 » *Schweinfurthii*
1.2. » *brachythyrsa.*
1.2 *Afromomum sceptrum.*
1.2 *Sarcophrynium Arnoldianum*
+.2 *Clinogyne flexuosa*
+.2 *Trachyphrynium scandens.*
+ 1 *Costus afer.*
+ 1 *Costus edulis*

2) Petits arbustes et jeunes sujets de la strate arbustive

+.1. *Buchnerodendron speciosum*
+ 1. *Randia congolana.*
+.1. *Leea guineensis.*
+ 1 *Alchornea floribunda.*
+.1. *Pentadiplandra Brazzeana*
+.1. *Caloncoba glauca*
+ 1. *Barteria fistulosa.*
+ 1. *Rinorea Afzelii.*
+.1 *Pauridiantha Dewevrei*
+.1. *Voacanga* sp.
+ 1 *Randia octomera.*
+.1. *Maesobotrya longipes*
+ 1 *Rauwolfia vomitoria*
+ 1 *Caloncoba Welwitschii*
+ 1 *Cola Bruneelii*
+ 1 *Mussaenda stenocarpa.*
+ 1 *Heinsia pulchella*
+ 1 *Antidesma laciniatum* var. *membranaceum*
+ 1 *Rubiacee Germ* 227.
+ 1 *Bertiera capitata.*
+ 1 *Lindackeria dentata*
+ 1 *Microdesmis Zenkeri.*
+ 1 *Radlkofera calodendron*
+.1 *Heisteria parvifolia*
+ 1 *Grewia batangensis.*
+ 1 *Microdesmis puberula*

3) Lianes diverses :

+ 1 *Gnetum africanum.*
+ 1 *Kolobopetalum* aff. *ovatum*
+ 1. *Polycephalum Poggei.*
+ 1 *Clerodendron volubile.*
+ 1 *Dioscoreophyllum Cumminsii.*
+ 1. *Jatrorrhiza strigosa.*
+ 1 *Ficus exasperata.*
+ 1 *Dichapetalum Marchairi*
+.1 *Dichapetalum Lujaei*
+ 1. *Adenia gracilis*
+.1. *Cnestis ferruginea*
+ 1. *Dichapetalum acuminatum.*
+.1. *Morinda confusa.*
+.1. *Dichapetalum mombutuense.*

+ .1. *Cognauxia trilobata*
+ .1. *Sphaerosicyos* G. 950.
+ .1. *Pyrenacantha rubiginosa.*
+ .1. *Aristolochia triactina.*
+ .1. *Epinetrum fulvum.*
+ .1. *Cnestis urens*
+ .1. *Trichsia bahototo*
+ .1. *Iodes Laurentii.*
+ .1 *Motandra guineensis.*
+ .1. *Jasminum Biereri*
+ .1. *Eremospatha Haullevilleana*
+ 1 *Ventilago africana*
+ .1. *Monanthotaxis Poggei.*
+ .1. *Dalbergia grandibracteata*
1 1 *Manniophyton africanum.*
+ .1. *Psychotria cristata.*
+ .1. *Carpodinus turbinata*
+ .1. *Allophyllus sarmentosus.*
+ .1 *Dioscorea* sp.
+ .1. *Cissus Barteri.*
+ .1. *Rutidea Dupuisii.*
+ .1. *Argocoffeopsis subcordata.*
+ .1. *Byrsocarpus viridis.*
+ .1. *Canthium spinosum*
+ 1. *Hippocratea Bruneelii.*
+ .1. *Roureopsis obliquifoliolata.*
+ .1. *Clerodendron formicarum* var *sulcatum.*
+ .1. *Millettia dubia*
+ 1 *Rutidea hispida*

4. Régénération d'essences arborescentes

Eléments de la parasoleraie et de la forêt secondaire

+ .1. *Alstonia Gilletii.*
+ 1 *Cola cordifolia.*
+ 1 *Maesopsis Eminii.*
+ 1. *Antiaris Welwitschii.*
+ 1. *Pycnanthus Kombo.*
+ .1. *Ricinodendron africanum*
1 *Rinorea Afzelii.*
+ .1 *Elaeis guineensis*
+ .1. *Combretodendron africanum*
+ 1 *Macaranga monandra.*
+ 1. *Funtumia africana*
1 *Ficus capensis*
+ .1. *Bosqueia angolensis.*
+ 1 *Tetrapleura tetraptera*
+ .1 *Bridelia micrantha*
+ 1 *Millettia congolensis.*
+ 1 *Pleiocarpa tubicina.*
+ 1. *Tetrorchidium didymostemon*
+ 1 *Macaranga spinosa*
+ 1 *Symphonia globulifera.*
+ 1 *Spathodea campanulata.*
1 *Ferdinandia Adolphi-Frederici*
+ 1 *Anthocleista squamosa*

Eléments de la forêt primitive

1 *Blighia Wildemaniana*
1. *Albizzia gummifera.*
1. *Staudtia gabonensis*
1 *Pachylobus yangambiensis*
1 *Combretum oblongum.*
1 *Canarium Schweinfurthii*
+ 1 *Beilschmiedia* sp
+ 1 *Erythrophloeum guineense*
+ 1 *Celtis Mildbraedii*
+ 1 *Albizzia ferruginea*
1. *Pterocarpus Soyauxii*
1 *Diospyros undulata.*
+ 1 *Strombosia grandifolia*
+ 1 *Irvingia grandifolia*
1 *Cleistopholis patens*

STRATE HERBACEE (0 à 1 m 25) — Recouvrement 20-25 %

1) Elements propres .

1.2 *Aneilema umbrosum*
1 2. *Buforrestia imperforata.*
1 2 *Coinochlamys angolensis*
+ 1 *Coleotrype Laurentii*
+ 1. *Palisota Barteri*
+ 1 *Polyspatha paniculata*
+ .1. *Oplismenus hirtellus.*
+ 1 *Commelina capitata.*
+ .1. *Pollia condensata*
+ 1 *Paspalum conjugatum*
+ 1. *Celosia globosa.*
+ .1. *Elythraria acaulis.*
+ 1 *Geophila Afzelii.*
+ .1. *Uragoga peduncularis*
+ .1. *Dorstenia convexa.*
+ .1. *Cercestis congensis.*
+ 1. *Aneilema beninense.*
+ 1. *Sarcophrynium Arnoldianum.*
+ .1. *Otomeria lanceolata.*
+ 1 *Chomelia Claessensii*
+ 1 *Erythrococca oleracea*
+ 1 *Culcasia insulana*
+ 1 *Piper umbellatum.*
+ 1 *Pteris atroviridis*
+ 1. *Dryopteris lanigera*
+ 1. *Phrynium confertum*
+ 1. *Ipomoea involucrata.*
+ 1 *Dicranolepis pulcherrima*
+ 1 *Tristemma incompletum.*
+ 3. *Nephrolepis biserrata (epiphyte)*
+ 1. *Nephrolepis biserrata (terricole).*
+ 1. *Calvoa sessiliflora*
(Cyperus fertilis)
+ .1. *Rauwolfia Mannii.*
+ .1. *Alsodeiopsis Staudtii.*
+ .1 *Bertiera breviflora*
+ .1. *Bertiera gracilis.*
+ .1 *Olax latifolia.*
+ .1. *Cyathula prostrata* var. *vubilla*
(Sebaea G. 4669).

2) Jeunes sujets des strates suffrutescente et arbustive

+.1. *Penianthus longifolius*
+ 1. *Rinorea Afzelii*
+.1. *Casearia* sp
+ 1. *Buchnerodendron speciosum*
+ 1. *Randia Eetveldeana.*
+ 1 *Alchornea floribunda.*
+ 1 *Caloncoba Welwitschii.*
+ 1 *Pamplethantha Gilletii*
+ 1. *Rytiginia verrucosa.*
+.1. *Rinorea multinervis*
+ 1. *Barteria nigritiana.*
+ 1 *Fitchiea Pynaertii.*
+ 1 *Mussaenda stenocarpa.*
+.1. *Palisota Schweinfurthii*
+.1 *Aframomum sceptrum*
+.1. *Trachyphrynium leiogonum.*
+.1. *Palisota brachythyrsa.*
+ 1 *Clinogyne filipes.*
+.1 *Oxyanthus unilocularis*
+ 1 *Trachyphrynium scandens*
+.1. *Costus edulis.*
+.1 *Antidesma laciniatum* var *membranaceum*
+.1 *Leea guineensis*
+ 1 *Costus afer*
+.1 *Aframomum subsericeum.*
+ 1 *Tricalysia longistipulata*

3) Lianes des strates supérieures :

+.1. *Millettia Duchesnei.*
+ 1. *Motandra guineensis.*
+ 1. *Allophyllus sarmentosus.*
+ 1. *Roureopsis obliquifoliolata.*
+ 1. *Cnestis urens.*
+.1. *Cissus barbeyana.*
+ 1. *Embellia pellucida.*
+ 1 *Psychotria cristata.*
+.2. *Gnetum africanum.*
+ 1 *Baissea leonensis.*
+ 1. *Polycephalum Poggei.*
+ 1. *Manniophyton africanum*
+.1. *Pyrenacantha Staudtii.*
+ 1 *Mussaenda elegans.*
+ 1 *Combretum hispidum.*
+.1. *Dichapetalum acuminatum.*
+ 1 » *excelsum.*
+ 1 » *Lujaei.*
+ 1. *Epinetrum fulvum.*
+.1. *Clerodendron volubile.*
+.1. *Hugonia platysepala*
+.1. *Pentas Dewevrei.*
+.1. *Epinetrum* sp nov.
+.1. *Dalhousiea africana.*
+.1 *Dioscoreophyllum Cumminsii.*
+.1. *Dimorphochlamys Mannii*
+.1. *Jatrorrhisa strigosa.*
+.1 *Neuropeltis anomala.*
+.1. *Byrsocarpus viridis.*
+ 1 *Adenia gracilis*
+ 1 *Argocoffeopsis subcordata*
1 *Sabicea discolor*
+ 1 *Discorea* sp
+.1 *Clerodendron formicarum* var *sulcatum*
+ 1 *Manotes pruinosa.*
+.1 *Smilax Kraussiana.*
+ 1. *Piper guineense.*
+.1 *Cissus myriantha.*
+ 1 *Jasminum Bieleri.*
+.1 *Iodes Laurentii.*
+ 1 *Dichapetalum mombutuense.*
+ 1 *Tylophora sylvatica*
+ 1 *Eremospatha Haullevilleana*
+.1. *Cissus diffusiflora*
+.1 *Iodes hirsuta*
+ 1 *Alafia lucida*
+ 1. *Rutidea Dupuisii*
+ 1 *Beirnaertia yangambiensis*
+.1 *Amaralia* sp
+ 1 *Icacina Claessensii.*
+.1 *Carpodinus turbinata*
+ 1 *Kolobopetalum* aff *ovatum*
+ 1 *Millettia dubia*
+ 1. *Marsdenia grandiflora*
+ 1 *Cissampelos owariensis*
+.1 *Yaundea pinnata.*
+.1 *Salacia minutiflora*
+.1 *Trichsia Gilletti*

4) Régénération d'essences arborescentes.

Eléments de la parasoleraie et de la forêt secondaire

+ 1 *Rinorea Afzelii.*
+.1. *Ricinodendron africanum*
+.1. *Bosqueia angolensis.*
+ 1. *Bridelia micrantha.*
+ 1 *Pycnanthus Kombo.*
+.1. *Millettia congolensis.*
+.1 *Elaeis guineensis.*
+ 1 *Combretodendron africanum*
+.1. *Pleiocarpa tubicina.*
+.1. *Conopharyngia durissima*

Eléments de la forêt primitive.

+.1. *Albizzia gummifera.*
+ 1 *Maba Lujaei.*
+ 1. *Celtis Mildbraedii.*
+.1. *Staudtia gabonensis.*
+ 1. *Xylopia aethiopica.*
+.1 *Pterocarpus Soyauxii.*
+.1. *Diospyros undulata.*
+.1. *Piptadenia africana.*
+.1. *Guarea cedrata.*
+.1. *Fagara Lemairei.*

Profil 1.

Profondeur en cm	Description
0 — 3	Zone pulverulente superficielle brune.
3 — 9	Zone humifère brune.
9 — 17	Zone plus claire.
17 — 57	Zone brun-jaune plus compacte.
57 — 105	Zone brun-jaune un peu plus compacte
105 — 150	Zone moins compacte que la précédente.

N° Labo	N° Prosp	Prof. en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec préparation				ANALYSE CHIMIQUE				Matière organique déplaçable par NaF neutre	
			0 à 0.002	0.002 à 0.02	0.02 à 0.2	0.2 à 2 mm	pH sec	C %	P_2O_5 H_2SO_4 N/20	B.E HCL. N/20	Précipitab. par H_2SO_4	Non préc par H_2SO_4
20.669	65-a	9	36.5		19.5	44.0	4.6	0.8	4.1	1.4	14.9	36.1
20.670	66-b	17	31.4		16.9	51.7	4.6	0.6	0.5	1.2	6.3	21.8
20.671	67-c	57	37.3		17.7	45.0	4.5	0.4	0.3	1.3	2.4	27.3
20.672	68-d	105	36.9		14.9	48.2	4.5	0.2	0.4	1.6	1.7	19.5
20.673	69-e	150	35.3		16.1	48.6	4.5	0.1	0.4	1.4	1.9	12.9

PROFIL 2 (PARASOLERAIE DE YANGAMBI, ESSAIS DE DÉGRADATION).

Forêt secondaire ancienne. Abatage fin 1939; en 1940, culture de riz suivi d'arachide. Abandonné en 1941. Actuellement jachère de 7 ans.

STRATE ARBORESCENTE (plus de 9 m de haut)
Recouvrement : 100 % Hauteur 10 à 19 m

Elements de la parasoleraie et de la forêt secondaire

Musanga Smithii	5.5 (48)
Macaranga Laurentii	1.1 (7)
Macaranga monandra	1.1 (5)
Macaranga spinosa	(5)
Harungana madagascariensis	+.1 (2)
Croton Mubango	+.1 (1)
Total	(68)

STRATE ARBUSTIVE (5 à 9 m) Recouvrement 20 %

Elements de la parasoleraie et de la forêt secondaire .

Caloncoba Welwitschii	1.1 (9)
Musanga Smithii	+.1 (2)
Macaranga Laurentii	+.1 (6)
Macaranga monandra	+.1 (5)
Myrianthus arboreus	+.1 (1)
Conopharyngia durissima	+.1 (8)
Ficus mucuso	+.1 (1)
Vernonia conferta	+.1 (1)
Autres essences	(26)
Total :	(59)

Eléments de la forêt primitive

Albizzia gummifera	+.1 (2)
Staudtia gabonensis	+.1 (4)
Scorodophlœus Zenkeri	+.1 (1)
Sarcocepalus sp.	+.1 (1)
Celtis Brieyi	+ 1 (1)
Guarea sp .	+ 1 (1)
Panda oleosa	+ 1 (3)
Autres espèces	(5)
Total .	(18)

STRATE FRUTESCENTE (1 m. 50 à 5 m.). Recouvrement 90-95 %.

Eléments de la parasoleraie et de la forêt secondaire :

Herbes érigées et lianiformes :

Trachyphrynium Liebrectsianum	3 3
Palisota ambigua	2 2
Palisota brachythyrsa	3 2
Palisota Schweinfurthii	1 2

Petits arbustes et jeunes sujets de la state arbustive

Caloncoba Welwitschii	2 1
Alchornea floribunda	3 1
Scaphopetalum	+ 1
Mussaenda stenocarpa	+ 1
Cuviera angolensis	+ 1
Heinsia pulchella	+.1
Cola marsupium	+ 1
Caloncoba glauca	+ 1
Buchnerodendron speciosum	1 1

Lianes diverses

Dioscoreophyllum Cumminsii	1 1
Manniophyton africanum	2 1
Amaralia cfr. *heinsioides*	1.1
Morinda confusa	+ 1
Leptactinia Seretii	4 1

REGENERATIONS (hautes tiges) de la state arborescente et especes pionnieres des stades ultérieurs.

Eléments de la parasoleraie

Nombre d'espèces	9
Nombre de pieds	(19)

Elements de la forêt secondaire

Nombre d'espèces	22
Nombre de pieds	(47)

Eléments de la forêt primitive

Nombre d'espèces	18
Nombre de pieds	(35)
Total des hautes tiges	(101)

STATE HERBACEE (jusqu'à 1 m. 25 de haut). Rayonnement : 30-40 %.

Eléments propres .

Alchornea yambuyaensis	2.1
Coinochlamys angolana	1.1
Olax viridis	+.1
Buforrestia imperforata	1.2

Commelina capitata	1.2
Coleotrype Laurentii	1.2
Uragoga peduncularis	1.2
Nephrolepis	+.2
Elytraria acaulis	1.1
Alsodeiopsis Staudtii	+.1
Dicranolepis pulcherrima	+.1
Selaginella Mysiorus	+.3
Cyathula globosa	+.1
Dorstenia convexa	+.2
Bertiera gracilis	+.1
Mostuea Batesii	+.2
Palisota Barteri	+.1
Calvoa sessiliflora	+.1
Asystasia Vogeliana	+.1
Paspalum conjugatum	+.1

Plantules et jeunes plants

De la parasoleraie :

Nombre d'espèces	6
Nombre de plantules	(14)

De la forêt secondaire

Nombre d'espèces	9
Nombre de plantules	(58)

De la forêt primitive

Nombre d'espèces	17
Nombre de plantules	(148)
Total .	(220)

Remarque Les chiffres ( ) se rapportent à des dénombrements

Profil 2

Profondeur en cm	Description
0 — 4	Zone pulvérulente.
4 — 14	Zone d'infiltration
14 — 35	Zone relativement compacte
35 — 61	Zone de compacité, mais avec plus de sable grossier.
61 — 101	Zone moins compacte, avec moins de sable grossier.
101 — 135	Zone plus compacte

N° Labo	N° Prosp	Prof en cm	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec préparation: 0 à 0.002	0.002 à 0.02	0.02 à 0.2	0.2 à 2 mm.	ANALYSE CHIMIQUE: pH sec	C. %	P_2O_5 H_2SO_4 N/20	B E HCL. N/20	Matière organique déplaçable par NaF neutre: Précipitab. par H_2SO_4	Non préc par H_2SO_4
20.633	29-a	4	11.9		16.8	71.2	4.4	0.9	2.1	1.1	16.1	25.6
20.634	30-b	14	19.8		19.7	60.5	4.5	0.3	1.1	1.1	3.7	26.1
20.635	31-c	35	24.5		17.7	57.8	4.9	0.2	0.5	1.3	2.2	26.3
20.636	32-d	61	25.4		15.3	59.3	4.7	0.1	0.6	1.1	2.9	20.1
20.637	33-e	101	25.3		13.5	61.2	4.6	0.1	0.5	1.4	1.7	15.0
20.638	34-f	135	28.7		15.0	56.3	4.5	0.1	0.8	1.3	2.9	12.8

TABLE V

pH, humidité en % (base humide), logarithmes du nombre total de micro-organismes par gramme de sol frais et abondance relative des bactéries, actinomycètes et fungi sous la parasoleraie.

Profil	Profondeur cm.	pH	Humidité %	Logar. nombre total	Abondance relative en % Bacteries	Actinomycetes	Fungi
1	3 — 9	4.71	17.1	6.318	85 6	13 0	1.4
	9 — 17	4.46	—	6 068	72.6	27 4	—
	17 — 57	4.68	17.2	5.895	86.2	11 8	—
	57 — 105	4.63	17.2	4 947	77.5	22.5	—
	105 — 150	4 55	15.7	4.572	75 1	24.9	—
2	0 — 4	4 0	14.0	5 946	81 5	14 7	3 8
	4 — 14	4.0	14.4	5 696	67.4	32.6	—
	14 — 35	4.1	14 8	5 692	67 1	32 9	—
	35 — 61	4 3	14.2	5 346	67.1	32 9	
	61 — 101	4.4	13 9	5.108	69.4	30 6	
	101 — 135	4 3	13 0	5.148	57.6	42 4	

6. — **Peuplements artificiels.**

Les quatre profils dont les descriptions et les analyses sont données ci-dessous correspondent à des plantations de quatre essences différentes : *Millettia versicolor*, *Millettia Laurentii* DE WILD., *Afrormosia elata* HARMS., et *Macrolobium Dewevrei* DE WILD.

Profil 1 : Dans une parcelle à *Afrormosia elata* avec recrû sur un sol brun jaune avec assez bien d'éléments grossiers

Afrormosia elata HARMS.

Forêt remaniée abattue en 1938, incinération. Plantation en novembre 1938 de jeunes plants d'*Afrormosia* et semis de *Leucaena* Recépage du recrû jusqu'en 1943

Etage dominant :

Afrormosia elata HARMS.

couvert 100 %.
Hauteur 12 m.
Diamètre 10 cm

Sous-étage :

couvert 50 %.

Strate arbustive.

Leucaena glauca BENTH. .... 2 — 3

Strate herbacée.

Nephrolepis sp. .... 2 — 2
Discoreophyllum commiensii .... 2 — 1
Alchornea yambuyaensis .... 1 — 2
Mussaenda elegans .... 1 — 2
Palisota brachythyrsa .... 1 — 1

Dichapetalum sp.	1 — 2
Aneilema beniniense	1 — 3
Trachyphynium Liebrechtsianum . . .	1 — 1
Coinochlamys angolana	1 — 2

En plus, *Fleurya aestuans*, *Celosia globosa*, *Adenia gracilis*, *Dioscorea* sp., *Vernonia conferta*, *Buchnerodendron africanum*, *Caloncoba Welwitschii*, *Alafia* sp., *Pyrenacantha Staudtii*, *Acacia pennata*, *Cnestis ferruginea*, *Dalbergia* cf. *isangiensis*, *Amaralia calycina*, *Eremospatha Haullevilleana*, *Leptactinia Sereti*, *Allophyllus africana*, *Barteria* aff. *fistulosa*, *Pycnocoma Thonneri*, *Randia octomera*, *Hensia pulchella*, *Maerua aprovaliana*, *Combretum oblongum*.

Plus semis naturel de *Pterocarpus Soyauxii*, *Leucaena glauca*

Profondeur en cm	Description
0 — 11	Sol pulverulent brun
11 — 20	Zone d'infiltration
20 — 33	Zone d'infiltration plus compacte
33 — 45	Sol jaune brun assez leger.
45 — 69 plus	Horizon plus compact.

N° Labo	N° Prosp	Prof en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mecanique avec preparation: 0 à 0.002	0.002 à 0.02	0.02 à 0.2	0 2 à 2 mm	ANALYSE CHIMIQUE: pH sec	C. %	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B E HCL N/20
20 605	1-a	0-11	10 4		10 4	79.2	4.9	0.6	2.4	1.0
20 606	2-b	11-20	14.7		17.7	67.6	4 7	0.4	2.4	1 1
20.607	3-c	20-33	15.0		17 7	67 3	4 6	0.2	1.4	0 9
20 608	4-d	33-45	22.4		16.8	60 8	4 5	0 2	0 6	1 2
20 609	5-e	45-69	20.8		15 1	64 1	4.5	0 1	0 5	1.1

Profil 2. — Dans une parcelle à *Millettia versicolor* à quelque distance du profil précédent et sur un sol très semblable.

Forêt remaniée hétérogène, abattue en 1938. En 1940, le recrû a été rabattu et semis en place de graine de *Millettia versicolor*. Développement très rapide — tout le recrû fut maintenu jusqu'au 1945. Dégagement des entrelignes pour semis en 1946 de *Tridemostemon Claessensii* en sous-étage, les plantules furent détruites par les insectes

Depuis, le recrû fut recoupé deux fois par an.

Etage dominant.

Millettia versicolor, bas-branchu ou à plusieurs tiges.

Couvert 100 %.
Hauteur.
Diamètre moyen.

Sous-étage.

Strate herbacée avec un recouvrement moyen de 75 à 80 %.

Hauteur maximum 50 cm.

Millettia versicolor, semis	2 — 2
Alchornea yambuyaensis ...	3 — 2
Coinachlamys angolana	1 — 2
Palisota Schweinfurthii . . .	2 — 2

En plus : *Paspalum conjugatum, Cyperus fertilis, Coleotropis Laurentii, Aneilema beniniense, Fleurya aestuans, Elytraria acaulis, Erythococca* sp., *Ipomoea digitata* var., *criocarpa, Adenia lobata, Trachyphynicum Liebrechtsianum, Buchnerodendron africanum, Barteria fistulosa, Dichranolepis olingantha, Thomanderia laurifolia, Caloncoba Welwitschii, Vernonia conferta, Rauwolfia obscura, Oxyanthus unilocularis, Randia congolana, Randia Cuvelierana, Conopharyngia penduliflora, Bertelia breviflora, Caloncoba glauca, Psychotria cristat, Triclesia baototo, Clerodendron angolense, Clerodendron volubile, Dichapetalum mombuttense, Dichapetalum* sp. aff. *mundense, Dichapetalum Thonneri, Amaralia calycina, Manniophyton africanum, Combretum hispidcum, Epinetrum prelorum, Pyrenacantha yangambiensis, Rhaphiostylis beniniensis, Dalbergia Isangiensis, Rourcopsis obliquifoliolata, Cnestis ferruginea, Uvaria scabrida, Diospyros* sp., *Diospyros undulata, Cola Bruneelii, Xylopia Vollattii, Albizzia gummifera.*

Plus semis de : *Combretum oblongum, Millettia drastica.*

Profondeur en cm.	Description
0 — 7	Sol pulverulent gris
7 — 15	Zone d'infiltration avec d'abondantes jeunes racines.
15 — 23	Seconde zone d'infiltration avec beaucoup plus de fines racines.
23 — 64	Horizon de transition contenant beaucoup de racines.
64 — 110 plus	Horizon un peu plus compact contenant encore quelques racines.

N° Labo	N° Prosp	Prof. en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mecanique avec préparation				ANALYSE CHIMIQUE			
			0 à 0 002	0.002 à 0.02	0 02 à 0.2	0.2 à 2 mm.	pH sec	C. %	P_2O_5 H_2SO_4 N/20	B.E. HCL. N/20
20.610	6-a	0- 7	9.4		20.8	69.8	5.1	0.4	3.2	1.2
20 611	7-b	7- 15	17.1		20.9	61.9	5 0	0.4	2.8	1.3
20.612	8-c	15- 23	16.1		18.7	65.2	5.0	0.3	1.8	0 8
20.613	9-d	23- 64	17.8		17.1	65.1	4.9	0.1	0.9	0.6
20 614	10-e	64-110	19.9		15.4	64.7	4.8	0.1	2.8	0.7

Profil 3. — Dans une parcelle à *Millettia Laurentii* sous forêt, à distance du profil précédent et sur sol de même type.

Forêt hétérogène de plateau, remaniée. Dégagement du sous-bois en 1937 et plantation à 2 × 2 de *Millettia Laurentii*. Rabattage du sous-bois entre les lignes jusqu'en 1945. Actuellement, la parcelle se compose de deux étages : dominant composé des arbres préexistants, étage dominé comprenant les *Millettia*, une maigre strate herbacée atteignant 30 cm. de hauteur.

Etage dominant : couvert 75 %.
hauteur 20-30 m.

Composé de :

Chlorophora excelsa BENTH et HOOK., *Klainedoxa gabonensis*, *Panda oleosa*, *Chrysophyllum africanum*, *Macrolobium macrophyllum*, *Polyalthia suaveolens*, *Sterculia Bequaertii; Octochrosmos africana*, *Drypetes Gossweileri*, *Celtis Brieyi*, *Scorodophloeus Zenkeri*, *Dialium Corbisieri*, *Staudtia gabonensis*, *Synsepalum subcordatum*, *Entandrophragma angolense*, *Afrormosia elata*, *Albizzia gummifera*, *Piptadenia africana*, *Combretodendron africanum*, *Antrocaryon micraster*., *Trichilia Prieuriana*, *Treculia africana*, *Dialium excelsum*

Strate arborée : *Millettia Laurentii*.
couvert 90 %.
hauteur · 8.00 (extrême 1,35 à 16.50 m.).
diamètre moyen : 7 cm.

En plus à l'état de pieds isolés :

Caloncoba Welwitschii, *Vitex rubro-aurantiaca*, *Diospyros* sp., *Pleiocarpa tubicina*, *Guarea Laurentii*, *Myrianthus arboreus*, *Chrysophyllum Lacourtianum*, *Macaranga* sp

Strate herbacée : couvert 20 %.
espèces rejetant de souches ou stolons ·

Alchornea yambuyaensis	2 — 2	K
Uragoga peduncularis .	2 — 2	
Palisota brachythyrsa . . .	2 — 2	
Coinochlamys angolana .	2 — 2	K

En plus à l'état sporadique :

Commelina nudiflora,

Buforrestia sp., *Uragoga peduncularis*, *Trachyphrynium Liebechtsianum*, *Thonningia sanguinea*. *Dryopteris*. *Aframom* sp. *Piper guineense*, *Cercestis Dinklaegei*, *Dichapetalum* sp., *Yaundea pinnata*. *Alsodeiopsis Staudtii*, *Clitandra* sp., *Clerodendron Buchholzii* et *Cl. angolana*, *Agelea Lescrauwaeti*, *Roureopsis obliquifoliolata*, *Salacia erytranta*, *Dalhousia africana*, *Dewevrea bilabiata*, *Ancistrophyllum secundiflorum*, *Eremospatha Haullevilleana*, *Cola yambuyaensis*, *Pycnocona Thonneri*, *Gabunia eglandulosa*, *Randia acuminata*, *Trica-*

lusia, Barteria nigritiana, Dichranolepis oligantha. Psychotria cfr. *cristata, Penianthus longifolius, Randia octomera.*

Plus semis naturel :

Chrysophyllum africanum . . . . 1 — 3

Pleiocarpa tubicina, Pterygopodium oxyphyllum, Polyalthia suaveolens, Trichilia sp., *Adenia gracilis, Synsepalum subcordatum, Parinari tenuifolia, Dialium Corbisieri, Conopharyngia durissima, Guarea cedrata, Geophila melanocarpa, Bosqueia angolensis, Allophyllus africana, Omphalocarpum* sp., *Erythrophloeum guineensis, Pterygota Bequaertii, Eremospatha Haullevilleana, Strombosia grandifolia, Xylopia* sp., *Myrianthus arboreus, Microcos* sp., *Landolphia* sp., *Pyrenacantha Staudtii, Entada* sp., *Albizzia gummifera.*

Profondeur en cm	Description
0 - 5	Zone pulverulente humifere.
5 — 14	Zone d'infiltration brun-grisâtre
14 — 21	Zone brune infiltrée tres meuble
21 — 35	Zone plus compacte
35 — 78	Zone brun-jaune plus compacte
78 - 135 plus	Zone encore plus compacte que les precedentes

N° Labo	N° Prosp.	Prof. en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec préparation: 0 à 0 002	0 002 à 0.02	0.02 à 0 2	0.2 à 2 mm.	ANALYSE CHIMIQUE: pH sec	C ‰	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B E HCL N 20
20.615	11-a	0- 5	11 5		21.0	67.5	4 3	0.6	1 9	0.9
20.616	12-b	5- 14	14 6		15 9	69.5	4 4	0.5	1.8	0 4
20.617	13-c	14- 21	13 1		20.3	66.6	4.4	0.2	0.8	0 8
20 618	14-d	21- 35	15 1		19.6	65.3	4 4	0.2	0.6	0 4
20 619	15-e	35- 78	23 4		14.7	61.9	4 4	0.2	0.5	0.5
20 620	16-f	78-135	23 8		16 9	59.3	4 3	0.1	0.5	0 7

Profil 4. — Dans une parcelle à *Macrolobium Dewevrei*, à quelque distance des profils précédents, sur sol de même type.

Etage dominant.

Forêt hétérogène de plateau comprenant :

Chrysophyllum africanum, Lecanodiscus cupanoides, Scorodophloeus Zenkeri, Polyalthia suaveolens, Panda oleosa, Trichilia Prieuriana, Pterygopodium oxyphyllum, Drypetes Gossweileri, Celtis Mildbreadii, Afrormosia elata, Chrysophyllum Lacourtianum, Staudtia gabonensis, Tetrapleura tetraptera, Strombosia grandifolia.

Hauteur : 20 à 30 m.

Recouvrement : 60 %.

Etage dominé.

Strate arbustive :

Outre le *Macrolobium Dewevrei* 5 — 5

Scorodophloeus Zenkeri, Dialium Corbisieri, Entandrophragma angolense, Guarea Thompsonii, Macrolobium macrophyllum, Millettia drastica, Myrianthus arboreus.

Macrolobium Dewevrei : hauteur moyenne 7 m. (0,95 à 14,85).
recouvrement 100 %.

Strate herbacée :

Variable suivant le degré de recouvrement des strates arbustives et arborées. A l'endroit du prélèvement, elle est de 25 % et a une hauteur de 30 cm. Sol recouvert d'un tapis de feuilles mortes, partiellement de *Macrolobium Dewevrei.* Cette strate fut recépée régulièrement deux fois par an jusqu'en 1945.

La composition comprend principalement des rejets :

Millettia Duchesnei . .	3 — 2
Hybophrynium Braunianum	2 — 2
Palisota Schweinfurthii .	2 —2
Uragoga peduncularis	2 — 2
Justicia tenella	1 — 1

En plus, à l'état sporadique :

Cercestis, Aneilema umbrosus, Floscopa Mannii, Dryopteris sp., *Uragoga* sp., *Clerodendron laxycymosum, Dioscorea smilacifolia, Dioscoreophyllum Cummiensii, Amaralia* sp., *Dichapetalum* aff. *Poggei. Dichapetalum* sp., *Selacia* cfr. *Callei, Rinorea* sp., *Chomelia Claessensi, Alchornea floribunda, Coinochlamys angolana, Randia octomera, Olax latifolia, Synsepalum subcordatum, Caloncoba Welwitschii, Heckeldora Staudtii, Millettia drastica.*

Plus semis de : *Chrysophyllum africanum, Allophyllus africana, Strombosia grandifolia, Parinari tenuifolia, Pleiocarpa tubicina, Scorodophloeus Zenkeri, Dialium Corbisieri.*

Profondeur en cm	Description
0 — 7	Horizon léger pulverulent.
7 — 15	Zone d'infiltration peu teintée.
15 30	Zone plus compacte.
30 — 57	Zone beaucoup plus compacte que la précédente.
57 — 93	Zone moins compacte.
93 — 133 plus	Sol plus meuble.

N° Labo.	N° Prosp	Prof. en cm.	ANALYSE PHYSIQUE				ANALYSE CHIMIQUE			
			Analyse mécanique avec préparation				pH sec	C %	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B.E HCL N/20
			0 à 0 002	0.002 à 0.02	0.02 à 0.2	0 2 à 2 mm				
20.621	17-a	0- 7	19.7		18.2	62.1	3.9	1.1	4.5	1 1
20.622	18-b	7- 15	16.5		22.1	61.4	4 2	0.6	3.1	1 0
20.623	19-c	15- 30	14.8		23.5	61.7	4.2	0 4	1 1	1.1
20 624	20-d	30- 57	15.9		19 6	64.5	4.4	0 2	0 8	1.1
20.625	21-e	57- 93	21.9		16.2	61 9	4.2	0 2	0.4	1.1
20.626	22-f	93-133	20.6		12.4	67 0	4.2	0 1	0.5	0 4

TABLE VI

pH, humidité en % (base humide), logarithmes du nombre total de micro-organismes par gramme de sol frais et abondance relative des bactéries, actinomycètes et fungi sous quelques peuplements artificiels.

Profil	Profondeur cm.	pH	Humidité %	Logar nombre total	Abondance relative en %		
					Bactéries	Actinomycètes	Fungi
1.	0 — 11	4 7	10.8	6 118	66 9	29.1	4.0
	11 — 20	4.7	10 1	5 996	67.5	32 5	—
	20 — 33	4 6	11 1	5.373	68 6	31 3	—
	33 — 45	4.8	11 6	5 240	79.3	20.7	—
	45 — 69	4.7	11.6	5 100	80 2	19 8	-
2	0 — 7	5.0	8.4	6 315	70 2	28 7	1 1
	7 — 15	4 7	10.1	6 023	76 3	23 7	-
	15 — 23	4 5	10 2	5.769	72 1	27 9	—
	23 — 64	4.6	10.0	5 152	77 2	22.8	—
	64 — 110	4.4	10 3	4 789	69.1	30 9	—
3	0 — 5	4 1	11 1	5.954	74 4	19.1	6 5
	5 — 14	4 2	(?)	5 944	75 0	25.0	—
	14 — 21	4 5	10 5	5 677	76.8	23.2	-
	21 — 35	4.4	10 2	5 041	70 9	29.1	- -
	35 — 78	4.4	13 2	4.979	76 9	23 1	
	78 — 135	4 4	11 7	4 836	70 1	29.9	- -
4	0 — 7	3.7	14.2	5 513	52 0	30 6	17 4
	7 — 15	4.0	—	5.562	80 1	19.9	—
	15 — 30	4.0	8.9	5 643	77.3	22 7	
	30 — 57	4.2	9.0	5 021	77.1	22.9	-
	57 — 93	4.1	10.9	5 061	72.1	27.9	—
	93 — 133	4.2	10.9	4 598	68 9	31 1	-

DISCUSSION DES RESULTATS.

I. CARACTÉRISTIQUES PÉDOLOGIQUES.

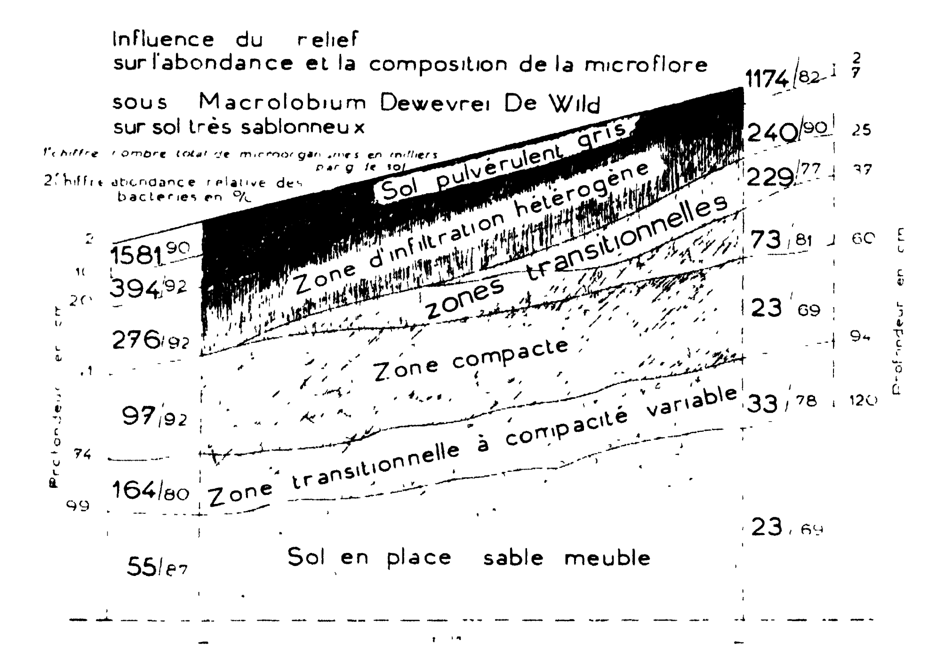
Parmi les données pédologiques qui ont été présentées pour la caractérisation des types de sol, celles qui se rapportent à la texture, au pH, aux bases échangeables et au Carbone total, montrent que tous ces types étaient suffisamment voisins pour être groupés dans une même unité systématique.

La teneur en bases échangeables est de l'ordre de grandeur de 1 m E par 100 g de sol en surface, et diminue assez rapidement avec la profondeur.

La teneur en Carbone organique suivant WALKLEY et BLACK est de l'ordre de 1 pour-cent en surface et diminue très rapidement.

La corrélation entre les données de l'analyse microbiologique et les teneurs en Carbone total est extrêmement incertaine et probablement inexistante. Il est vraisemblable que cette analyse ne donne que très peu de renseignements sur la partie dynamique de la matière organique du sol.

Par contre, les taux de matière humide acidoide déplaçable au NaF neutre, montrent une assez bonne corrélation avec les données de l'analyse microbiologique.



Il semble que toutes choses égales par ailleurs, la quantité de matière humique acidoïde soit directement proportionnelle à l'abondance relative des fungi et inversement proportionnelle à l'abondance relative des actinomycètes. Pour des compositions systématiques identiques de la microflore, le taux de cette fraction de la matière serait proportionnel à l'abondance totale de la microflore.

Ceci n'a rien d'étonnant si l'on se rappelle les caractéristiques physiologiques des fungi ou des actinomycètes.

Comme il fallait s'y attendre, des exceptions à cette règle se manifestent pour les sols forestiers qui ont été examinés.

Par contre, les différences observées sur des sols de culture soumis à des traitements différents sur des parcelles adjacentes sont beaucoup plus conformes à ce que faisait prévoir l'analyse microbiologique.

2. Caractéristiques microbiologiques.

La caractéristique générale la plus marquée des sols de forêt examinés dans ce travail est le nombre relativement restreint des microorganismes que l'on y trouve.

Il est rare de trouver un sol qui contienne plus de trois millions de microorganismes par gramme dans les couches superficielles du profil. Les chiffres qui sont donnés ici sont très faibles si on les compare avec les résultats qui ont été obtenus pour des sols de la région tempérée. Pour ne citer qu'un cas extrême, rappelons que Mitchell et al. (19) ont trouvé au Texas plus de 300,000,000 microorganismes par gramme dans un certain type de sol (Houston black clay)

Le plus souvent l'ordre de grandeur est de quelques centaines de mille; ceci confirme les résultats de Corbet, pour les sols de Malaisie (23). Cet auteur a trouvé, en effet, que le nombre de microorganismes oscillait autour d'une valeur moyenne de 500,000.

En ce qui concerne la répartition systématique des microorganismes, le fait le plus remarquable semble être l'abondance relative peu élevée des Fungi. Ceci semble aller à l'encontre de l'opinion généralement acceptée sur les caractéristiques de la microflore des sols équatoriaux (20).

En fait, la proportion des Fungi présents dans le sol en dessous de 5 ou 10 cm. devient souvent négligeable, dans tous les sols de forêt qui ont été étudiés.

Il en va autrement, cependant, dans certains sols de culture

Rien ne semble non plus confirmer l'opinion couramment admise que parmi les fungi, les *Aspergilli* sont plus abondants que les *Penicillia*, alors que dans les régions tempérées, l'inverse est vrai. Rien de semblable n'a encore été observé, et il ne semble pas que ce fait doive se vérifier sous les tropiques humides.

Une seconde observation inattendue est le fait que les actinomycètes forment très souvent une proportion notable de la microflore Ceci semble difficilement explicable si l'on se rappelle que les actinomycètes sont en très grande majorité adaptés à des réactions faiblement acides ou neutres. Les espèces décrites par Jensen (21) (*S. acidophilus*) constituent des exceptions.

En fait, il n'est pas rare de trouver ici une très haute proportion d'actinomycètes, même dans des sols fortement acides.

Ainsi, l'horizon A 1 d'un sol sous Hévéa avait 54 % de sa microflore, constitués par des actinomycètes typiques, alors que son pH était 3.69.

Le temps a malheureusement manqué pour tester la résistance à l'acidité en milieu synthétique, d'une série d'actinomycètes qui avaient été isolés de ces sols acides.

Il faut noter que certains auteurs (6) (22) ont déjà signalé la prépondérance des actinomycètes dans certains sols tropicaux et subtropicaux (Floride, Louisiane, Atoll de Bikini). Toutefois, la plupart des sols étudiés n'étaient pas aussi acides que ceux de la forêt équatoriale; la plupart étaient même franchement alcalins.

Quoi qu'il en soit, ces deux faits ne peuvent manquer d'imprimer un caractère tout à fait spécial aux processus microbiologiques qui se déroulent dans les sols de la forêt équatoriale, en raison des caractéristiques physiologiques tout à fait dissemblables de ces deux groupes de microorganismes.

Ces observations ont été entièrement confirmées par l'observation directe de la microflore suivant la méthode de ROSSI-CHOLODNY. Quelques exemples de l'application de cette méthode sont donnés ci-dessous.

PROFIL SOUS FORÊT HÉTÉROGÈNE N° 1 (Cf. Table II)

Les horizons humifères et les deux horizons d'infiltration montrent une microflore de composition assez semblable, où prédominent les bactéries Les formes bacillaires prédominent; parmi celles-ci, les petites colonies de formes coccoïdes sont rares, il y a très peu de filaments de fungi et on ne trouve pas de filaments végétatifs d'actinomycètes.

L'horizon transitionnel contient surtout de petites colonies denses de coques, groupées par quelques dizaines d'individus et entourées d'une gangue de matière organo-minérale. Les chaînes de spores et les filaments végétatifs d'actinomycètes sont abondants, il n'y a pas d'hyphes de micromycètes.

Le sol en place ne montre plus que quelques rares formes végétatives qui sont surtout des filaments végétatifs d'actinomycètes peu développés.

Si l'on compare ces données aux résultats qui sont présentés pour le profil I dans la table II, on voit que la concordance est aussi bonne qu'on pouvait l'espérer, quoique l'observation directe de la microflore par cette méthode ne permette pas d'arriver à des résultats quantitatifs, il semble, cependant, que l'abondance relative des actinomycètes soit en réalité un peu moindre dans les horizons humifères et un peu plus élevée dans les horizons sous-jacents que ne le montrent les chiffres de la Table II.

PROFIL SOUS PARASOLIERS N° 2 (cf. Table V).

La zone pulvérulente humifère superficielle contient une microflore assez peu abondante, formée de filaments végétatifs et de chaînes de spores d'actinomycètes. Les bactéries sont assez abondantes et sont représentées par de petites colonies de quelques individus de grosses formes coccoïdes. On trouve aussi des formes bacillaires en formations lâches.

Les zones d'infiltration ont une microflore assez similaire, mais qui devient progressivement moins abondante.

La zone compacte qui succède à la zone d'infiltration est marquée par une diminution sensible dans le nombre des formes végétatives; on y trouve un grand nombre de filaments sporulés d'actinomycètes

A partir de 61 centimètres, dans la zone de moindre compacité, une légère augmentation se marque dans le nombre des formes végétatives.

Dans la zone inférieure, plus compacte, l'apparence de la microflore change complètement; il y a une recrudescence marquée dans le nombre de formes végétatives. Les colonies de petites formes coccoïdes sont surtout bien représentées et constituent le caractère le plus marqué qui différencie cette zone des deux zones précédentes

Lorsque l'on compare ces données avec celles qui sont présentées dans la Table V pour le Profil 2, on voit que la concordance est beaucoup moins bonne que dans le cas du premier profil décrit ci dessus, ceci semble devoir s'expliquer facilement si l'on se rappelle que ce sol contient beaucoup plus d'éléments grossiers que le précédent. Par conséquent, il doit y avoir un entraînement vers la profondeur des spores des divers constituants de la microflore. Ceci est rendu possible par le fait que le sol est plus perméable et qu'il y a probablement moins d'adsorption des microorganismes par les colloïdes minéraux. Il est probable que la matière organique migre facilement dans ces sols et qu'il se produit une légère accumulation en profondeur. C'est ce que traduit la prolifération dans l'horizon inférieur de formes, spécialisées dans l'attaque de la matière organique résistante à la décomposition.

Le Profil 1 sous Parasoleraie qui s'est développé sur un sol plus lourd et probablement plus riche en éléments minéraux montre les différences qui peuvent exister dans la microflore de types de sols différents sous la même formation végétale.

Si l'on compare les chiffres qui sont donnés pour ces deux profils, on voit que la microflore est beaucoup plus abondante dans le cas du profil 1 que dans le cas du profil 2 : pour les couches humifères, les nombres totaux de microorganismes sont de 2 à 3 fois plus élevés; par contre, la diminution de la microflore avec la profondeur est beau-

coup plus rapide et l'abondance relative des actinomycètes est nettement plus faible dans le sol du profil 1 que dans le sol du profil 2

Les processus microbiologiques et donc l'évolution de la matière organique peuvent être très différents sous une formation végétale similaire, mais sur des types ou des sous-types de sol différents.

Un dernier exemple de l'application de la méthode Rossi-Cholodny est donné ci-dessous pour la comparaison de deux profils sur un même type de sol, sous deux types de végétation différents. Le premier cas se rapporte à un peuplement artificiel pur de *Millettia versicolor* et le second à un peuplement artificiel de *Millettia Laurentii* sous forêt (Profils 2 et 3 de la Table VI).

PROFIL 2. *Millettia versicolor* en peuplement artificiel pur.

La zone humifère superficielle pulvérulente montre une microflore très abondante Les bactéries prédominent nettement. La grande majorité des formes bactériennes est coccoïde; elles sont groupées en colonies de quelques-uns à plusieurs dizaines d'individus. Les actinomycètes sont rares et ne se trouvent que sous forme de chaînes de spores. Les hyphes de micromycètes existent et il semble que les fungi jouent un rôle dans cette couche, car on remarque que les hyphes sont enrobées dans des gangues de matière organo-minérale.

Les couches d'infiltration ont un aspect similaire quant à la composition de la microflore, excepté que l'abondance diminue sensiblement et que les fungi ne sont plus guère représentés.

Après avoir diminué légèrement dans le second horizon d'infiltration, la microflore redevient plus abondante dans la zone de transition. Les actinomycètes y sont bien représentés sous forme de filaments végétatifs. Les formes bactériennes sont nombreuses et parmi elles, les formes bacillaires prédominent sur les formes coccoïdes.

L'horizon un peu plus compact qui fait suite à la zone de transition montre une microflore moins abondante, mais sans différence essentielle en composition.

PROFIL 3, *Millettia Laurentii* sous forêt.

La zone humifère pulvérulente superficielle montre une microflore moins abondante que dans le profil précédent. Les formes coccoïdes prédominent en colonies de quelques dizaines d'individus, qui sont presque toujours enrobés dans une gangue de matière organo-minérale. Les actinomycètes sont bien représentés sous forme végétative et en chaînes de spores. Les formes bacillaires sont rares. Certains champs microscopiques montrent un développement abondant d'hyphes de fungi et d'actinomycètes associées

Les zones d'infiltration ont une microflore beaucoup moins abondante et qui est composée presque exclusivement de formes coccoïdes et de filaments végétatifs et sporulés d'actinomycètes.

Les zones compactes qui viennent ensuite ont une microflore beaucoup plus réduite encore et qui est surtout composée de filaments végétatifs d'actinomycètes.

Cette méthode fait beaucoup mieux ressortir les différences entre le microflore de ces deux profils que ne le fait la méthode de numération par culture.

L'explication du fait que cette dernière méthode ne met pas en évidence les différences dans la répartition systématique de la microflore est probablement la même que celle qui a été donnée pour le Profil 2 sous Parasoliers qui était également développé sur le même type de sol.

Les deux méthodes mettent bien en évidence l'influence réductrice qu'exerce le couvert forestier sur le nombre de microorganismes.

Ce point nous semble assez important pour que nous le démontrions par les trois exemples suivants.

Les trois profils dont les caractéristiques sont données ci-dessous ont été prélevés à peu de distance les uns des autres dans des parcelles dont l'historique est donné dans chaque cas. Le type de sol était très similaire ou identique à celui où ont été prélevés le profil 2 de la Table II et les profils de la Table VI.

PROFIL I (Parcelles à bananiers).

La parcelle où ce profil a été prélevé avait eu l'histoire suivante :

Forêt hétérogène abattue et incinérée en 1939, culture de riz, arachide, puis bananier depuis fin 1940.

Description du profil.

Profondeur en cm	Description
0 — 7	Zone humifere pulverulente brun-gris
7 — 20	Zone d'infiltration grise.
20 — 37	Zone d'infiltration plus claire.
37 — 59	Zone notablement plus compacte
59 — 105	Zone moins compacte.
105 — 150 plus	Zone plus meuble

N° Labo	N° Prosp.	Prof. en cm.	ANALYSE PHYSIQUE — Analyse mécanique avec préparation: 0 à 0.002	0.002 à 0.02	0.02 à 0.2	0.2 à 2 mm.	ANALYSE CHIMIQUE: pH sec	C. %	P^2O^5 H^2SO^4 N/20	B.E. HCL. N/20	Matière organique déplaçable par NaF neutre: Précipitab. par H^2SO^4	Non préc. par H^2SO^4
20.627	23-a	7	19.4		14.0	66.6	4.6	0.8	1.8	1.7	16,8	24.9
20 628	24-b	20	21.3		19.6	59.1	4.5	0.7	1.8	1 3	11.7	17.5
20.629	25-c	37	20.4		18.2	61.4	4.6	0.3	1.1	1.1	3.8	22.0
20.630	26-d	59	28.2		15.4	56.4	4.4	0.2	1.5	1.3	3.6	20.4
20.631	27-e	105	29.1		14.8	56.1	4.4	0.2	0.6	1.5	2.5	16.3
20.632	28-f	150	28.3		16.8	54.1	4.6	0.1	0.5	1.5	2.7	15.3

PROFIL 2. Situation : *Arboretum D I (Scorodophloeus* dans recrû forestier). Forêt de remplacement âgée, abattue en 1944. Plantation 1945.

Description du profil.

Profondeur en cm.	Description
0 — 6	Zone éluviale, tres légère, de couleur claire, les éléments grossiers sont bien delaves.
6 — 19	Zone d'infiltration presque noire, plus consistante que la précédente.
19 — 40	Zone d'infiltration grisâtre contenant plus d'éléments grossiers
40 — 64	Seconde zone d'infiltration, beaucoup plus claire et notablement plus compacte
64 — 86	Zone d'infiltration (?) contenant du charbon de bois.
86 — 175	Zone qui devient de plus en plus compacte vers le bas, elle contient encore de grosses racines de 2 centimètres de diamètre.

PROFIL 3 Situation du profil : *Arboretum*, même histoire que le profil 2, sous maïs, actuellement après coïx (F. 1) en 1946.

Description du profil.

Profondeur en cm.	Description
0 — 5	Couche pulverulente grise.
5 — 13	Zone d'infiltration grisâtre
13 — 29	Seconde zone d'infiltration.
29 55	Zone brun-jaune de transition.
55 — 77	Zone plus compacte
77 - 142	Zone plus légère.
142 — 190	Zone plus meuble.

Les résultats de l'analyse microbiologique de ces profils sont présentés dans la Table VII (voir page 480).

Ces valeurs et la répartition systématique de la microflore ont reçu une confirmation semi-quantitative dans le cas du profil I par l'examen direct de la microflore suivant la méthode de ROSSI-CHOLODNY.

Dans ce profil, la zone humifère superficielle montrait une microflore abondante et variée, composée de formes coccoïdes en films lâches, de gros coques isolés répartis dans des grumeaux de matière argono-minérale, de colonies de coques et de filaments végétatifs et sporulés d'actinomycètes.

Il y avait de très nombreuses formes bacillaires.

Les zones d'infiltration montraient une microflore moins abondante mais où l'on remarquait des films de formes bacillaires; il y avait, en outre, de nombreuses colonies de formes coccoïdes; les filaments végétatifs d'actinomycètes étaient abondants et bien développés.

TABLE VII

pH, humidité en % (base humide), logarithmes du nombre total de microorganismes par gramme de sol frais et abondance relative de bactéries, actinomycètes et fungi après abattage de la forêt.

Profil	Profondeur cm.	pH	Humidité %	Logar. nombre total	Abondance relative en % Bactéries	Actinomycètes	Fungi
1	0 — 7	4.05	13.1	6.342	71.0	26.4	2.6
	7 — 20	4.4	12.8	6.700	68.5	31.5	—
	20 — 37	4.4	12.3	6.143	58.3	31.7	—
	37 — 59	4.3	16.2	5.326	64.2	35.8	—
	59 — 105	4.4	14.3	5.269	59.1	40.9	—
	105 — 150	4.5	14.0	4.453	56.3	43.7	—
2.	0 — 6	4.97	11.5	5.647	42.8	54.7	2.5
	6 — 19	5.32	11.3	6.254	46.4	53.2	0.4
	19 — 40	4.61	11.5	5.780	31.5	66.3	2.2
	40 — 64	4.37	10.5	5.484	19.7	78.7	1.6
	64 — 86	4.25	12.8	5.415	38.5	61.5	—
	86 — 175	4.37	12.0	4.903	50.0	50.0	—
3	0 — 5	4.46	11.0	6.008	64.1	34.4	1.5
	5 — 13	4.12	14.7	5.904	76.8	20.0	3.2
	13 — 29	4.12	13.5	5.684	43.5	53.8	2.7
	29 — 55	4.20	12.3	5.279	61.1	34.7	4.2

La zone compacte ne possédait plus qu'une microflore beaucoup moins abondante composée, en ordre principal, de petites colonies de coques et d'actinomycètes.

Les zones inférieures du profil avaient une microflore assez pauvre où les actinomycètes dominaient nettement sur les formes coccoïdes.

L'ensemble de ces données démontre clairement l'influence réductrice du couvert forestier sur la microflore.

Il semble qu'il serait prématuré de vouloir pousser plus loin l'interprétation de ces données, afin de mettre en corrélation le type de sol, la végétation et la microflore.

Il paraît certain qu'il existe une relation entre ces trois facteurs, d'après les données qui sont présentées ici, tout au moins pour les cas bien tranchés comme les peuplements purs de *Macrolobium* sur sol sablonneux ou la vieille forêt des îles du fleuve. Des différences semblent aussi se marquer dans les autres cas.

CONCLUSION.

L'utilisation des données de l'analyse microbiologique pour l'explication des processus pédogénétiques dans la partie vivante du sol ne pourra se faire que lorsque les relations entre le type de sol, la végétation et la microflore auront été établies avec quelque certitude

L'application de ces données à l'évaluation de la fertilité d'un sol comme elle a été faite dans les régions tempérées ne semble pas

impossible pour les sols de la Forêt Equatoriale, pourvu que l'on tienne compte pour leur évaluation des caractéristiques du type de sol et de sa végétation.

BIBLIOGRAPHIE

1 BROWN, P. E. & BENTON, T. H. — *Microorganisms in some soil profiles in Iowa Proc.* First Intern Cong. Soil Sci. 100-106, 1928

2. RAZUMOV, A. S. & REMEZOV, N. P. — *Distributions of microorganisms in the profiles of podzol soil.* Jour All Russian Cong Bot 1928, p 210 (biol. Abst. 5·14840), 1931

3 TIMONIN, M I — *The microorganisms in profiles of certain virgin soils in Manitoba* Canadian Jour Res. Sec. Bot Sci 13, 32-46, 1935.

4 VANDECAVEYE, S C. & KATZNELSON, H. — *Microbial activities in soil - - II. Microbial numbers and nature of organic matter in various genetic soil types* Soil Sci. 50, 295-311, 1940.

5 MAL'CHEVSKAIA, N. I. — *Zur mikrobiologischen Characteristik einiger Walldodentypen.* Potchvovedenie, 3, 225, 1935 (Ztblt. fur Bakt etc II abt 94, 1936)

6 SMITH, F B - *Types and distribution of microorganisms in some Florida soils* Florida Agr Expt Sta Bul 396, p. 43, 1944

7 WILSON, J K - *The number of colonies on plaques of soil made from samples taken from various horizons* Soil Sci Soc Amer. Proc 1, 205-209, 1936.

8 SABININ, D & MININA, E -- *Mikrobiologitcheskii profil kak zonalnii priznak* Proc III Internatl Cong Soil Sci III, 1932

9 MORROW, M. B -- *Correlation between plant communities and the reaction and microflora of the soil in South Central Texas* Ecology, 12, 497-507, 1931

10 WAKSMAN, S A - *Bacterial numbers in soils at different depths* Soil Sci 1, 363-380, 1916.

11 WAKSMAN, S A. - *Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility. II. Methods of study of numbers of microorganisms in the soil* Soil Sci 14, 283-298, 1922

12 SMITH N. R. & DAWSON, V. T -- *The bacteriostatic action of rose bengal in media used for plate counts of soil fungi.* Soil Sci. 58, 467-471, 1944

13. JAMES, N. & SUTHERLAND, M L — *The accuracy of the plating method for estimating the numbers of soil bacteria, actinomyces and fungi in the dilution plate* Canadian Jour Res 17, 72-86, 1939.

14. JAMES, N. & SUTHERLAND, M. L. — *The accuracy of the plating method for estimating the numbers of bacteria and fungi from one aliquot of a laboratory sample of soil.* Canadian Jour. Res. C 17, 97-108, 1939.

15 ROSSI, C., RICCARDO, S., GESUE, G., STANGANELLI, M & WANG, T K. - *Direct microscopic and bacteriological examination of the soil.* Soil Sci. 41, 53-66, 1936.

16 CHOLODNY, N. G. — *Ueber eine neue Methode zur Untersuchung der Bodenmikroflora.* Arch. f. Mikrobiol. 1, 620-652, 1930.

17. CONN, H. J. — *A microscopic study of certain changes in the microflora of soil N. Y. (Geneva).* Agr. Expt. Sta. Tech. Bul. 204, 1-21, 1932.

18. STARKEY, R. L. — *Some influences of the development of higher plants upon the microorganisms in the soil. VI. Microscopic examination of the rhizosphere.* Soil Sci. 45, 207-249, 1938.

19. MITCHELL, R. B., ADAMS, J. E. & THOM. Ch. — *Microbial responses to organic amendments in Houston Black Clay.* Jour. Agric. Res. 63, 527-534, 1944.

20. CORBET, S. A. — *Biological processes in tropical soils.* 1935.

21. JANSEN, H. L. — *Actinomyces acidophilus* n. sp. *a group of acidophilic actinomycetes isolated from the soil.* Soil Sci. 25, 225-236, 1928.

22. JOHNSTONE, D. B. — *Soil actinomycetes of Bikini Atoll with special reference to their antagonistic properties.* Soil Sci. 64, 453-458, 1947.

23. CORBET, S. A. — *Studies on tropical soil microbiology. II. The Malay Peninsula.* Soil Sci. 38 : 407-416, 1934.

24. WALKLEY, A et BLACK, I. A. — *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method.* Soil Sci. 37, 29-38, 1934.

25. CHAMINADE. — *Sur une méthode de dosage de l'humus du sol.* An. Agron 16, 109-132, 1946.

COMMUNICATION N° 94

Vegetation-Soil Map of Northern Rhodesia

by

C. G. TRAPNELL, J. D. MARTIN, W. ALLAN, O.B.E
and other members of the Department of Agriculture
and the Forestry Branch with an explanatory memoir by
C. G. TRAPNELL.

INTRODUCTION

1. An attempt to produce a map on a Territorial scale to show both vegetation and soil types calls for some explanation. In the first place it should be made clear that the title « Vegetation-Soil Map » is intended to denote a vegetation map with supplementary indications of the types of soil occupied by each vegetation type. The vegetation types are represented as fully as praticable for a map on a 1 : 1,000,000 scale. Indications of soils, however, are confined to major soil groups such as would find a place in a general African classification Thus various *Brachystegia-Isoberlinia* types of woodland are differentiated according as they are found on Kalahari Sands, Plateau Soils or Red Earths, but no attempt is made to represent the various subdivisions of which the Plateau Soils, in particular, are capable. This treatment of the soils is necessary as their classification has for the greater part been worked out from field traverses and profile observations without soil analyses, although invaluable help concerning them was received from the late G. Milne of the East African Agricultural Research Sta-

tion, Amani. Apart from this, the incorporation of sub-groups in combination with the various vegetation types would entail a multiplicity of mapping units which would be beyond the compass of ordinary colour printing. In their general outline the soil groups are believed to be pedologically sound, as although originally independently determined they agree closely with those of Milne's East African Soil Map—but they will no doubt be found to require amplification and modification of their limits at some future date.

2. At the same time, thanks probably to the influence of climatic factors on the development of the major soil groups and to the parallel evolution of soil and vegetation types through long periods of time, there is a considerable degree of correlation in their respective distribution in this Territory. The correlation is far from being an absolute one, as the map itself will show—a single vegetation type, while generally predominantly associated with one class of soil, may extend, with minor changes, on to two or three different soils. But the fact remains that a predominant association with one soil group is frequently found, and this fact materially assists the representation of soil and vegetation in a single notation.

3. From a practical point of view, for the satisfactory assessment of the land resources of any large tract of country, it is desirable to have a representation of vegetation as well as soil type. Apart from the obvious direct applications of vegetation survey in indicating forestry and pastoral potentialities, the nature of the vegetation cover is of great importance to the native agriculture of the Territory and is used by many tribes as an indicator of the soil's potentialities. The use of vegetation as an indicator of soil fertility has been much studied in this country and the vegetation-soil unit has become the basis of a method of land survey which, whatever its shortcomings from the soil scientist's point of view, is of considerable practical value to the Agricultural and Forest Officer. It is for the use of these officers that this map has primarily been designed. Numerous areas remain in which the information represented is incomplete or partially conjectural, but it is to be hoped that these defects will be remedied in the future by more detailed investigational work.

4. Scientific work in this Territory suffered a severe loss in the death of J. D. Martin in 1941, when serving with the Royal Air Force. He was responsible for a considerable area of the map and his hitherto unpublished vegetation maps of Barotseland, unrivalled for thorough botanical study and careful workmanship, are reproduced in it with little modification, Certain simplifications of them have been necessary for the purposes of a more general classification, and they will in any case need to be retained on their full scale for the use of future Forest Officers in Barotseland. Their publication, however, in the present form will at least make more generally available a major portion of his work.

SOURCES

5. The map is based on the official 1 : 1,000,000 topographic map of the Territory, produced by the Department of Lands, Mines and Surveys in 1939, and should be used in conjunction with it. A large amount of the detail of the official map has, however, been suppressed in order to allow the vegetation data to be superimposed, while a certain number of additions or revisions have been introduced. These have been derived from various sources, including hitherto unpublished road traverses, original plottings preserved among old records on Administrative Stations, the 1 : 633,600 Geological Map of the Territory lately produced by the Mining Concession Companies and topographic revisions made in the course of Departmental surveys. By similar means considerably fuller representations than hitherto have been compiled of the great flood-plains and swamps of the Zambezi, Kafue and the Chambezi-Luapula river systems together with those of the Mweru Marsh, of the extent of the escarpment hill systems flanking the great Luangwa-lower Zambezi and Lunsemfwa-Lukusashi troughs and of the limits of the floors of these valleys. The data for the determination of these features of the land surface have been derived largely from the Geological Maps of the Concession Companies and the aerial maps of North-Western Rhodesia made by the Aircraft Operating Company, but also from J. D. Martin's Barotse surveys and from traverse observations made on the Ecological Survey of Northern Rhodesia.

6. The main framework of the vegetation and soil types represented is the skeleton of reconnaissance traverses made by the writer in the course of the Ecological Survey. A provisional vegetation-soil map of North-Western Rhodesia on the scale of 1 : 2,000,000 was published in 1937 in the Report of the Survey on that half of the Territory. This combined the results of the Survey with more detailed work in Sesheke and Livingstone Districts by J. D. Martin, Assistant Conservator of Forest in the Machili region. A 1 : 1,000,000 sheet of North-Eastern Rhodesia north of the 13th parallel was prepared (but not published) in 1940 in connection with the Report of the Survey on North-Eastern Rhodesia, while traverses south of this line were retained on larger scale maps. Upon these outlines have now been superimposed extensive detailed surveys made by various members of the Agricultural Department and its Forestry Branch in the Barotse, Eastern and Western Provinces, together with an interpretation of aerial photographs in conjunction with the Geological Map in the Kaonde-Lunda Province. While the original traverses of the Ecological Survey remain the chief sources of information for the Northern, Central and Southern Provinces these additional surveys have added greatly to the mapping of the rest of the Territory and require fuller mention.

7. In the first place extensive and detailed surveys of the vegetation of a great part of Barotseland were carried out by J. D. Martin in the course of his investigations of forests and forestry in Barotseland. Mongu, Mankoya, Sesheke and eastern Senanga Districts were covered by him with a network of compass and mileometer traverses, checked by astronomical observations, which incidentally resulted in considerable revisions of the topographic maps of these districts. Further mileometer traverses of vegetation types in Kalabo and north-west Senanga Districts were made under his direction by the Head Forest Ranger, Machili. From this material he produced a series of District vegetation maps on the scale of 1 : 250,000 together with a general 1 : 500,000 vegetation map of Barotseland, which contained numerous revisions of the previous reconnaissance work of the Ecological Survey and was accompanied by a very complete Report on Forests and Forestry in Barotseland Details of this map were discussed with Martin in 1941, and pantograph reductions from it, checked from the larger-scale sheets and added to or modified in minor points, constitue the Barotse sector of the present map.

8 Subsequently, between 1941 and 1944 a systematic detailed survey of the vegetation-soil types of the North Charterland Concession area of Fort Jameson and Petauke Districts in the Eastern Province was carried out under the direction of W. Allan, Assistant Director of Agriculture, as a basis for the resettlement of the population of the overcrowded Native Reserves in the Concession. This survey, probably unique of its kind, employed a series of parallel traverse lines from south to north, generally at two-mile intervals, along which the recurrences of eighteen standardised vegetation-soils units were recorded. The traverse work was carried out by a team comprising W. Allan, W. B. van Wyk, J. R E. Hindson and W. V. Morony. The results were plotted on sheets on the scale of 1 : 50,000. These sheets were subsequently reduced to two 1 : 250,000 maps, on which previous reconnaissance traverses of the Ecological Survey were included to fill in the Reserve areas These maps in turn have been simplified and reduced by pantograph to constitute the present map of the Concession area.

9. Two further similar surveys have provided detailed maps of large parts of the Western Province. A survey on the Charterland model was made under Allan's direction by Messrs. B. C. Wills, D. U. Peters and W. B. van Wyk for the Crown Land portion of the Province south of the Kafulafuta, traverses in this case being arranged in the form of a grid with lines at two-mile intervals from east to west and one-mile intervals from north to south. With this survey has been combined results from a forest enumeration survey of selected portions of the Copperbelt conducted by C. E. Duff, Senior Assistant Conservator of Forests at Ndola, in which changes in timber and forest types were recorded along lines at 30 to 60 chain intervals. This and the pre-

ceding survey were reduced from 1 : 50,000 sheets to a scale of 1 : 125,000 before incorporation into the present map.

10. Certain additional traverses in Noth-Western Rhodesia, principally in the Kaonde-Lunda Province, were made by the writer in 1943. Following these tours an examination was made of vertical and oblique aerial photographs of Mwinilunga, Balovale and west Kasempa Districts together with the northern border of Mankoya. The vegetation data shown by the photographs were transposed to the 1 : 250,000 aerial maps made from them by the Aircraft Operating Company. A pantograph reduction to 1 : 1,000,000 was then made of the limits of the Kalahari Sands in this quarter from the Geological Map of the Concession Companies and the vegetation data were superimposed on the same scale. By this means a fairly complete vegetation-soil map of this area has proved possible, although the information it shows is necessarily inferential away from traverse lines. It should be observed that the limits of the Kalahari Sands in west Kasempa District have been altered in the light of traverses made by the writer.

ACKNOWLEDGMENTS

11. The map has been drawn for publication by the Trigonometrical Survey Department, Pretoria, and printed by the Government Printer, Pretoria. It is desired here to express appreciation of the ready help and advice given by the Trigonometrical Survey in the final stages of its preparation and of the willingness of this Department and the Government Printer, Pretoria, to undertake the colour reproduction. Owing to the distortion of the original drawings on tracing paper the sheets were redrawn in full by the Trigonometrical Survey and the very large task of lettering, arrangement and preparation of the colour layers was carried out by them. The care and thoroughness which have been devoted to the work are gratefully acknowledged.

12. In addition to the detailed surveys cited above, acknowledgement is due to the help of a number of others who assisted in the work of field investigation, particularly to Lady Gore-Brown for several traverses made by her in Mpika District and to C. M. N. White and J. M. Winterbottom for traverses in west Balovale and Kalabo Districts respectively. Full use has also been made of the vegetation and soil maps of the Kafue-Chisamba sector of the railway line which were published by C. R. Robins in the *Journal of Ecology*, Vol. XXII, No. 1, 1934.

13. Thanks are also due to the Mine Superintendent and Survey Department of the Roan Antelope Mine, Luanshya, for the provision of prints at a time when suitable materials were practically unobtainable, and to the Department of Lands, Mines and Surveys at Livingstone and Ndola for help in various stages of the preparation of the map. The section of the memoir dealing with soil classification was

kindly read by Dr. C. R. van der Merwe and I am greatly indebted to him for his comments on probable relationships between Northern Rhodesian and South African soils, and also to Mr. C. Gillman for advice concerning Itigi Thicket soils in Tanganyika.

REFERENCES

14. This map is intended to be used in conjunction with the Reports of the Ecological Survey on North-Western and North-Eastern Rhodesia and with J. D. Martin's Report on Forestry in Barotseland. In the notes on it which follow paragraph citations from these Reports are indicated by the following abbreviations :

NW : *The Soils, Vegetation and Agricultural Systems of North-Western Rhodesia*, by C. G. Trapnell and J. N. Clothier. (Government Printer, Lusaka, 1937.)

B : *Report on Forestry in Barotseland* by J. D. Martin : Appendix I. (Government Printer, Lusaka, 1941.)

NE : *The Soils, Vegetation and Agriculture of North-Eastern Rhodesia*, by C. G. Trapnell. (Government Printer, Lusaka, 1943.)

In the outline of soil types page references are also made to the two principal authorities on East and South African soils as follows :

EA : *A Provisional Soil Map of East Africa*, by G. Milne. (Amani Memoir, Crown Agents for the Colonies, 1936.)

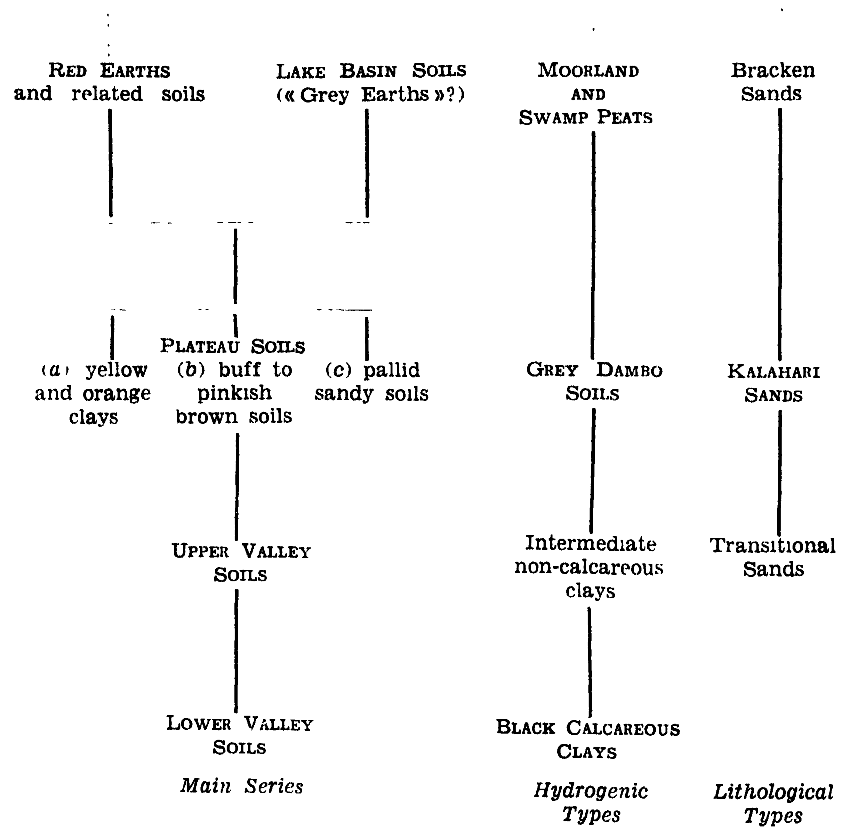
SA : *Soil Groups and Sub-groups of South Africa*, with map, by C. R. van der Merwe. (Government Printer, Pretoria, 1941.)

The vegetation units on the map should be compared with those of the pioneer Vegetation Map of Southern Rhodesia by J. S. Henkel (*Types of Vegetation in Southern Rhodesia*, Proc. Rhod. Sci. Ass., 30, 1931).

SOIL CLASSIFICATION

15. In view of the descriptions of the soils and vegetation of the Territory already provided by the Reports of the Ecological Survey it is not necessary here to give more than a recapitulation of their classification. The analytical work necessary to reach full conclusions concerning the nature of the soils has been lacking, but a classification based on field characters has been arrived at which is in general accord with that employed by Milne on the East African Soil Map and is also comparable in several instances to the soil groups of van der Merwe's South African Map. While full allowance needs to be made for geological and historical factors in their development, the soils of this country seem to fall into a series grading from the pedocal types of lower and hotter levels with lesser rainfall towards two divergent moister types, the Red Earths and lateritic soils of the moister tropics and the « podsolised » or « podsolic » soils which are now recognised

in more temperate and humid portions of South and East Africa (*vide* SA pp 131-175, EA pp. 10, 14, 22, 29). These tendencies are illustrated in the table below in which the principal groups are compared with the parallel series of « hydrogenic » types of seasonally waterlogged or swampy conditions and with corresponding variations in the « lithological » type constituted by the Kalahari Sands.



Note. — The tendencies suggested in the diagram are in part dependent on the nature and affinities of the peculiar group of Lake Basin Soils. These soils were examined in the field by Milne and the probability of relationship to his podsolised soils, previously suggested by him in writing, was then confirmed by him. It has since been suggested by Dr. van der Merwe that they may also prove to have some affinity to his Lateritic Yellow Earth, which he compares with Milne's podsolised soils (SA p. 233). These possible relationships are indicated in the diagram.

16. *The Red Earths and related red loam soils* (NE 13-14, 84, 97, cf. NW 23).

The term « Red Earths » has been confined to deep red, orange-red and brownish red clay-loam soils which can with confidence be allocated to the Red Earths of the East African Soil Map (EA pp. 9, 13, 14, 21). These soils are in this country largely confined to crystalline limestones, a few felspathic sedimentary rocks and basic igneous rocks. There is, however, some doubt regarding the proper limits of their definition and certain pinker soils on the granites in the Abercorn highlands have been represented on the map with a striped notation as possibly related to them. Their occurrences as at present known are extremely limited, but they will no doubt be found to be more frequent with fuller survey. This applies particularly to the northern sector of North-Western Rhodesia, where a line indicating their probable approximate southern limit as inferred from geological maps has been inserted on the map to show the field for future investigation. The typical Abercorn profile shows a friable and porous soil, reddish brown at the surface but brighter red below and orange-red from the second foot, with smallish lumps of harder clay-like soil increasing in size and number from this level downwards. More southern examples, however, show basal iron nodule accumulation, in Ndola District sometimes at depths far below the normally recognised limits of the soil profile. Whether or not any of these soils can be classified as laterised has yet to be ascertained. South of their occurrences in North-Western Rhodesia and more especially in the Eastern Province are found a limited series of related red loam soils. These are clod-structured soils. of similar derivation but extending on to the Basement Complex, which may bear comparison with Milne's Non-laterised Red Earths. In their most frequent « pastel-toned » form in the Eastern Province they show an accumulation of small iron pellets in the subsoil. The Red Earth group grades into more orange-toned variants of the Plateau Soil referred to below and may also be represented in an intrazonal chocolate-red form found among the Upper Valley Soils

17. *The Lake Basin Soils (« Grey Earths »?*—NE 19-21, 86-88, 91).

The generally grey-toned (light pinkish-grey to darker) humic soils which have been developed on ancient alluvium in the lower Chambezi-Bangweulu basin and on other substrata elsewhere have no known African parallels except for a probable affinity to the « podsolised soils » recorded by Milne in the Dabaga-Mufindi highlands of Tanganyika Territory (EA pp. 10, 14, 29, cf. NE 87) and, in part, to the Lateritic Yellow Earths described by van der Merwe in South Africa (SA pp. 217-234). At the same time there is some divergence from the podsolised type in that these soils descend to practically 3,000 feet and show no noticeable bleached horizon. Their main occurrences are regularly associated with traces of former evergreen forest or the

« Chipya » vegetation which has replaced it, and their origin may perhaps be ascribed, in view of this, to a period of rainier and more equable climate. Their surface colouring is influenced by the presence of a peculiar ash-grey film. Below this is a darker grey-brown, somewhat cocoa-toned humic soil, blackish when moist, with a sandy basis but typically so richly humic as to be termed a loam. This may extend downwards for one to two or even three feet before passing into a buff to more pinkish-ochreous structureless subsoil of very considerable depth. The clay-fraction increases with depth but the subsoil remains of a comparatively permeable and friable nature and no indications have been found of any tendency to the formation of iron concretions except in marginal profiles. Although leached and very acid these soils are of a decidedly productive character and support large populations. Owing to the incursions of fires and cultivation, various more depleted phases of them are found with colouring either paler or approaching that of the subsoil, and a considerable range of variation is consequently found, notably in the lower Luapula Valley. Pinkish grey to pinkish-buff sandy loams under dense deciduous thicket in the Mweru-Tanganyika lowlands are tentatively regarded as soils of the Lake Basin type which have become thus depleted and deprived of their humic horizon under changed climatic conditions. From their appearance these soils would seem to bear comparison with those found under the same type of thicket in Tanganyika, although the « grey cement » which there forms the parent material is lacking (NE 91, cf. Milne, Journ. Ecol., XXV, 1, 1937).

18. *Plateau Soils* (NW 20-22, NE 15-18, 81, 83, 85, 95, 96).

This, the most extensive group of soils in the Territory, answers to the Plateau Soils of the East African Soil Map (EA pp. 10, 29, 30) and to van der Merwe's group of Ferruginous Lateritic Soils in the Transvaal (SA pp. 234-267). These soils are developed on the mature topography of the older land surfaces of this country, and they are generally held to owe their most striking characteristic, the formation of a pronounced iron nodule horizon grading into underlying rotted rock, to conditions of impeded subsoil drainage (*vide* discussions of their classification in van der Merwe's and Milne's account, SA pp. 248, 249, EA p. 30). The tendency to this condition is doubtless augmented by the seasonal downpours of Rhodesian rainfall as well as by the low relief and sluggish drainage of the plateau regions. The few analyses available show the soils to be of an acid and base-deficient type. Their most usual appearance in this country is that of a buff-toned to light pinkish-brown, light-textured surface soil, slightly greyer in the top few inches, grading downwards into a raw ochreous or orange-toned clay-sand subsoil in which iron nodules are increasingly found with approach towards rotted rock. Three principal sub-groups may be differentiated, the characteristic light-coloured sandy loams of this type, a distinct group of pallid grey to practically white sandy soils with a

more buff-coloured subsoil which is widespread in central plateau regions (cf. van der Merwe's Grey Ferruginous Lateritic Soils) and a group of pale yellow, yellow and more orange clayey soils most extensively found in the northern plateau region of Nort-Western Rhodesia. Where these profiles have been truncated by denudation of the land surface, especially on the Miocene peneplane, « older ironstone » (or « ferricrete ») soils are found with continuous sheets of iron pellets or concretionary ironstone exposed through the depleted remains of surface soil (NW 21, NE 10). These « fossil » soils answer to the « Murram » soils of East Africa. Lower-lying plateau soils with very deep iron nodule accumulations which are found on the flanks of the Luangwa Valley (NE 27) are regarded as of a similarly relict character.

19. *The Kalahari Sands* (NW 15, 24-26).

A deep extension of the Kalahari Sands of the Union of South Africa (SA pp. 54-59) covers practically the whole of Barotseland and extends into Livingstone District in the south and through Balovale in the north on to the Mwinilunga highlands. These are typically pure, loose, coarse-grained sands with the surface of the grains rounded and frosted by æolian action, attaining great depth and seldom showing any clear profile characters. They are normally whitish, or greyish where the surface layers are discoloured by organic matter or ash, but pass into golden or reddish colours where stained with iron oxide. Some proportion of clay begins to be found in the subsoil in the compacter and shallower sands of marginal uplands. Sandy ferruginous concretions are sometimes found near the edges of dambos in this zone and concretionary iron deposits occur in them, but these are not typical of the deeper sands.

Two important variants are found in the Bracken Sands of the moist Mwinilunga highlands and the Transitional Sands of hotter and drier southern areas. The Bracken Sands show a marked tendency to an accumulation of organic matter in the upper horizon, with a strongly pinkish-brown to grey-brown humic sand of mixed grain which is relatively compact and becomes loamier and ultimately clayey in the subsoil.

The southern Transitional Sands have the appearance of being at least partially derived from Karroo beds or from the Pipe Sandstones basal to the Kalahari Sands. They show a high proportion of fine sand with a greyish or brownish coloration and are less acid than the usual types (NW 26). The « Kalahari Contact » soils (NW 27), which were described from areas east of Barotseland from which the sands have been denuded, have now been relegated to the Plateau class.

20. *Upper Valley Soils* (NW 28-30, NE 22-24, 98, 100).

The Plateau soils give place in lower areas of younger relief to warmer-toned, pinkish-brown or cocoa-coloured to chocolate-brown and darker brown soils of greater fertility. These probably answer to

the Non-calcareous Plain Soils of the East African Soil Map (EA pp. 9, 11) and may also be comparable in part to the Brown Forest Soils of the Transvaal Low Veld (SA pp. 103-117). Associated with them locally are limited belts of brownish-red to chocolate-red soils which have been indicated by lettering on the map in view of their possible affinity to the red loams, but which are best regarded as an intrazonal type. Occurrences of these soils are often partially geologically conditioned, calcareous or felspathic sedimentary rocks and basic or intermediate igneous and metamorphic rocks favouring their formation. Their texture varies from a light but coherent sandy loam of mixed grain to a stronger and heavier loam, friable in the best examples but tending towards clod-structure or a combination of a smaller « nut » structure with vertical rhomboidal cleavages. Concretions are typically lacking from the subsoil although iron-coated rock fragments may be found above bed-rock and small black softish nodules or harder pellets occur in the subsoil of heavier chocolate-brown and redder variants. The soils show a higher degree of base-saturation than neighbouring Plateau types and increase in exchangeable bases in the subsoil. Lime nodules, however, only occur locally in brown soils in proximity to stream courses and black swamp clays. (Rust-mottling and beds of ferruginous concretions are found in a grey-buff to ochreous variant of more doubtful status in certain flat, ill-drained areas north of the Kafue). A considerable proportion of immature soils is found in areas of more broken topography, and in lower parts of Petauke District these give place to shallower, stony or « skeletal » phases as the escarpment hills are approached.

21. *Lower Valley Soils* (NW 31 sq., NE 25 sq.).

This term has been used in the Reports of the Ecological Survey to include the collective soils of a physiographic region, but refers primarily to the brown soils of pedocal (lime-accumulating) tendency which are developed on the Lower Valley floors, together with their various immature and stony or « skeletal » phases (NW 33, NE 26) In their immature phases these soils may be comparable with Milne's Non-calcareous Plains Soils (EA pp. 9, 11) and van der Merwe's Brown Forest Soils (SA pp. 103-117) but in their pedocal form they must presumably be referred to the Calcareous Plains group (EA pp. 9, 11, 22) They have been developed almost exclusively on sedimentary beds of the Karroo formation and on old colluvial and alluvial deposits derived from them.

Where they have not been modified by sheet-erosion, to which they are extraordinarily liable, the typical profile passes from a rather lighter brown surface horizon of loam texture to a darker chocolate-brown clay-loam soil which fissures with a vertical rhomboidal cleavage, breaking into flat wedge-like pieces. Lime nodules are found in deep exposures and thick horizons of them emerge in the vicinity of water-courses, while very hard and intractable clay soils occur in proximity

to saline river beds. Lime accumulation, however, is lacking from various immature, shallower and lighter-textured variants which are found in a wide range of colouring, and these give place in some parts to skeletal rubble soils or belts of water-worn stones. Associated with this soil group are two intrazonal types, namely (1) small belts of chestnut or orange-brown to greyer brown sandy loams and sandier, mainly residual soils from the Karroo beds (NW 32, NE 28), which bear comparison with the sandier forms of the Upper Valley Soils and the Transitional Sands of the Kalahari region, and (2) long strips of recent alluvium which follow the rivers traversing the valley floors (NW 34, NE 29, 102). This alluvium, derived from the Basement Complex rocks of the escarpments, comprises a wide range of light greyish-brown to darker brown sandy loams, silt-loams and clay-loams of exceptional fertility. A few similar occurrences are found at higher altitudes (NW 30).

22. *Grey and Black Swamp Soils* (NW 35 sq., NE 30 sq.).

The soils of the great flood-plains and other seasonally swampy grassland fall into three separate classes, namely local accumulations of Moorland and Swamp Peat (NE 31, cf. NW 37, EA p. 15), the Grey Dambo Soils (NE 32, cf. NW 36, EA pp. 9, 11, 22-23) and the Black Calcareous Clays (NW 37, cf. NE 33; EA pp. 9, 11, 12, 22-23). Various intermediates, however, are found between the main types and it has not been practicable to give them separate representation on the map. The Moorland Peats are restricted to moist dambos, chiefly in North-Eastern Rhodesia and the Mwinilunga highlands, but Swamp Peats are found extensively in the Bangweulu Swamps, where their development is controlled by fluctuations in the water level. The Grey (or brownish-grey) Dambo Soils, while especially characteristic of dambo drainages, are also extensively represented in the flood-plains of the Chambezi-Bangweulu basin. In proximity to the Moorland Peats they may show a dark humic surface horizon over a more bleached sandy to clayey horizon, but the more typical profile possesses a superficial brownish-grey sandy layer over a grey clay-sand mixture, this passing into a more buff-coloured subsoil with rust-mottling or limonitic concretions. Their clay-fraction is of a pecular non-cracking type, quite distinct from that of the calcareous clays, although intermediate types of grey and black non-calcareous clay soil are also found in flood-plain areas, often with a humic surface horizon (NW 37, NE 33). Other sandier phases are also found and the great watershed sand plains of Barotseland probably represent an extreme form of this soil group; their surface sand horizons seem to overlie an impermeable subsoil of sandy clay and silicrete. Allowing for these sandy variants the Grey Dambo Soils may be related to the Grey Non-calcareous Clays of the East African Soil Map (« gley » and « gley-podsol » types, EA pp. 11, 22, 23). The Black (or sometimes greyer or browner) Calcareous Clays of lower flood-plains differ in being of a highly siliceous

type, forming deep cracks in the dry season and sometimes moving by alternate shrinkage and swelling into peculiar « crab-hole » formations. These soils, extensively represented in the Kafue Flats and other low-lying situations, are generally rich in bases and show a pronounced lime nodule horizon. Excesses of calcium, sodium and magnesium salts are found locally. Although in this country confined to flood-plains or seasonally wet pans they are to be associated with the Black Calcareous Clays of the East African Soil Map and the Sub-tropical Black Clay Soils of the Transvaal (*vide* EA p. 12, SA pp. 71-88, 95-101). What may be a degraded form of this soil class, altered by leaching, occurs in the grey alluvial clays of the Machili basin (NW 38).

23. *Escarpment Hill Soils* (NW 18, NE 11).

In addition to these major soil groups mention must be made of the shallow, stony soils of the steep slopes of the escarpments which occupy wide zones down the length of the Luangwa and lower Zambezi Valleys. These are all to a greater or less extent immature or skeletal soils which vary greatly with geological formation and have as yet taken on no clear profile characters. They may in part be regarded as immature phases of the Plateau Soils, although in the lower and eastern escarpment zones they tend to a rather browner coloration and pockets of soil of the Upper Valley type occur by watercourses. Other such skeletal soils are found on or about hill masses on the plateau but these have been omitted from the map in the interests of simplicity.

VEGETATION CLASSIFICATION

24. The vegetation types employed on the map may for convenience be summarised in tabular form under the following heads :

1. Evergreen and Semi-deciduous types.
2. *Brachystegia-Isoberlinia* Woodlands.
3. Other Deciduous Woodlands and Forests.
4. Deciduous Thicket types.
5. High Grass-Woodland or « Chipya » types.
6. Bush-Group, Tree-Grassland and Scrub-Grassland types.
7. Grassland types.

25. Only brief indications of the composition of the types employed are given, fuller descriptions having already been published, but a word is necessary with regard to the subdivisions employed for the very extensive *Brachystegia-Isoberlinia* woodlands. Two methods of classification of these woodlands are practicable : (1) a broad regional grouping in which the species of *Isoberlinia* associated are used as a main criterion for their differentiation—cf. NW 41, NE 48 sq.; and (2) a more elaborate classification based on the varying proportions of the different *Brachystegia* species and subordinate elements in the woodlands. While the second method is the most satisfactory from an ecological standpoint, and has been employed in the detailed

surveys previously referred to, the first is the more practicable method where it is necessary to map great tracts of country by means of reconnaissance traverses. This broad regional classification has consequently been retained for the map, but it should be borne in mind that each of the regional types is capable of subdivision and includes, e.g., *Brachystegia Hockii*, *B. utilis* and similar variants. Ce˜tain types of well-developed *B. Hockii* woodland which are of consequence from the soil and economic standpoints have been differentiated for separate representation on the map. Minor types, however, such as the stunted *B. Hockii-I. paniculata* woodlands occuring on the central divide in North-Eastern Rhodesia, have been subordinated to the general regional type. Similarly no attempt has been made to differentiate the southern *Isoberlinia globiflora-Brachystegia* woodlands into *B. Hockii* and *B. flagristipulata* types as in Henkel's Vegetation Map of Southern Rhodesia. If this were done a further *Isoberlinia-Uapaca* type would need to be shown and a corresponding degree of differentiation would be entailed in the other main regional classes.

26. It will be observed that the three types of « Northern » woodland of this class described are very similar in general composition apart from the *Isoberlinia* species associated with them. They coincide approximatively, however, with certain broad differences in the Plateau Soils. The Northern *Brachystegia* woodlands are predominantly associated with clayey soils derived from the Katanga System, the Northern *Brachystegia-Isoberlinia globiflora* woodlands favour sandier soils from this System and the Northern *Brachystegia-Isoberlinia paniculata* woodlands occupy a variable range of soils derived principally from older formations. They are consequently conveniently retained as units for the large tracts of land which they cover.

27. The vegetation types summarised below are those which are of sufficient extent to be represented on a 1 : 1,000,000 scale. Thus the small belts of *Uapaca* bush which are frequently found about dambos in areas of *Brachystegia-Isoberlinia* woodland are not described Similarly the various relict evergreen types outlined in NE 43-47 and 58 have been omitted. It has lately been established that marginal zones of the islands and shores of Lake Bangweulu originally carried high evergreen forest in which *Chrysophyllum* sp. and *C. argyrophyllum* were dominant components, the forest being subsequently replaced by evergreen *Syzygium* thicket with reduced *Chrysophyllum*. These types have now very largely been destroyed by native cultivation and as they can no longer satisfactorily be mapped they have been included (with similar relics elsewhere) in the « Chipya » vegetation that is replacing them. In the same way the *Bussea-Combretum* or « Itigi » thicket of the Mweru-Tanganyika lowlands and the open *Terminalia-Diplorrhynchus-Combretum* vegetation replacing it have been treated as a single unit. One omission, however, needs to be mentioned. A *Kirkia acuminata-Commiphora* type which is found on basalts in the

Zambezi Valley near Livingstone and on similarly shallow soils lower down the Zambezi Valley has been mapped together with the *Copaifera mopani* vegetation with which it is associated, but with fuller survey should be described and represented as a separate type.

28. It would not be possible without a great deal of detailed survey to provide a satisfactory representation on the map of the various grassland types found through the great systems of watershed plains, flood-plains and river valley grasslands. A rather arbitrary physiographic basis of differentiation has therefore been adopted whereby watershed grass plains and other similar grassland types on the Kalahari Sands are distinguished from the grasslands of flood-plains and river valleys. Indications of the grassland types involved in these units are given below but they should not be regarded as representing single vegetation types in themselves.

29. Since vegetation survey in this Territory was begun various changes in botanical nomenclature have taken place. The names which were employed in the Reports of the Ecological Survey have been retained here to avoid confusion but the following revisions should be noted :

Brachystegia Hockii (*B. Randii* in Southern Rhodesia) revised to *B. spiciformis*.

B. flagristipulata (*B woodiana* in Southern Rhodesia) revised to *B. Boehmii*.

Trichopteryx spp. revised to *Loudetia* spp.

In certain cases further co-ordination of names in use here and those accepted in East Africa remains desirable.

EVERGREEN AND SEMI-DECIDUOUS TYPES.

30. **Cryptosepalum Low Forest and Woodland.**

Impenetrably dense low forest of the virtual evergreen, *Cryptosepalum pseudotaxus*, with numerous evergreens in the under-storey and a sedge or moss ground-layer; grading towards central Barotseland into woodland phases with *Brachystegia Hockii* or *B. longifolia* and *Copaifera coleosperma* associated. Partially replaced by secondary *Burkea africana* in Balovale District west of the Zambezi.—NW 48, 52; B 3, 8, 10.

31. **Marquesia and Marquesia-Brachystegia Woodlands.**

Stands of the evergreen *Marquesia macroura*, either pure, with *Syzygium guineense* and other evergreens in the understorey, or mixed with *Brachystegia Hockii* or *B. longifolia*. Lesser unmapped occurrences of this type are associated with « Chipya » and Northern *Brachystegia* woodland on the Bracken Sands in Mwinilunga District.—NW 41, 44, 49; NE 52, 58.

BRACHYSTEGIA-ISOBERLINIA WOODLANDS (NW 41, 42; NE 48).

32. **Northern Brachystegia Woodlands.**

Brachystegia floribunda, B. longifolia and *B. flagristipulata* the chief dominants according to soil type, with *B. Wangermeeana* associated towards Mwinilunga. On the Mwinilunga Bracken Sands these species are replaced by *B. longifolia* and *B. Hockii* with *Cryptosepalum, Copaifera coleosperma* and other characteristic sand associates.—NW 43, 49, 200.

33. **Northern Brachystegia-Isoberlinia globiflora Woodlands.**

Very similar, if often shorter, woodlands of *Brachystegia floribunda, B. longifolia* of the race *glaberrima, B. Wangermeeana,* etc., but with *Isoberlinia globiflora* associated. *B. Hockii* is locally common and small *Marquesia occurs.*—NE 49.

34. **Northern Brachystegia-Isoberlinia paniculata Woodlands.**

A third variant of these northern woodlands with *Brachystegia floribunda, B. longifolia* and locally B. *flagristipulata* the chief species in association with *Isoberlinia paniculata.*—NW 44, NE 50. (Description in NW 44 should be corrected, although *B. Hockii* is associated in some phases).

35. **Central Isoberlinia paniculata-Brachystegia Woodlands.**

Isoberlinia paniculata generally dominant with *Brachystegia longifolia,* or occasionally *B. flagristipulata,* its chief associate, passing locally into *B. longifolia-B. Hockii* phases. The two last named, with local *Cryptosepalum* and *Copaifera coleosperma,* are associated on Kalahari Sands.—NW 45, 51; B 5-7; NE 51.

36. **Eastern Brachystegia-Isoberlinia Woodlands.**

Brachystegia Burttii dominant with *Isoberlinia paniculata* or with *I globiflora* towards lower levels and in the escarpments, where *B. Allenii* becomes increasingly common. *B. stipulata* is characteristic in the understorey and *B. flagristipulata* is also associated.—NE 53, 55, 56.

37. **Southern Isoberlinia globiflora-Brachystegia Woodlands.**

Isoberlinia globiflora the chief species with *Brachystegia Hockii* and *B. flagristipulata* associated, the latter becoming dominant south of Zimba where it corresponds with Henkel's *B. woodiana* type. *B. tamarindoides* is present in escarpment hill country.—NW 46.

38. **Brachystegia Hockii Woodlands.**

Well-grown woodlands of *Brachystegia Hockii,* pure or with *Isoberlinia globiflora,* are found in various transitions from the preceding woodlands towards other types of vegetation. *Marquesia* is present in higher rainfall examples and *Copaifera coleosperma* and belts of *Brachystegia bakeriana* are associated on Kalahari Sands in central Barotseland.—B 9, 11; NE 52, 57.

OTHER DECIDUOUS WOODLANDS AND FORESTS.

39. **Baikiaea plurijuga Forests.**

Baikiaea plurijuga dominant, typically with a dense thicket understorey of *Combretum, Acacia* or *Commiphora* spp. Certain *Baikiaea-Pteleopsis* and similar forests towards Balovale have been included for mapping purposes; *Pterocarpus Stevensonii* enters in Sesheke and Livingstone forests.—NW 53, 54; B 16-19.

40. **Burkea-Copaifera-Baikiaea types.**

Variable woodlands of *Burkea africana* and *Copaifera coleosperma* with scattered *Baikiaea plurijuga,* passing in south Barotseland into *Baikiaea-Copaifera* mixtures with *Pterocarpus angolensis,* etc. Mixtures with *Brachystegia Hockii* are also found.—NW 53; B 13, 20.

41. **Burkea africana Woodlands.**

Burkea africana pure or with *Erythrophloeum africanum, Pterocarpus angolensis* or other trees of the Kalahari Sands. *Combretum* spp. become associated in a *Burkea-Erythrophloeum* type on Transitional Sands in Namwala and Livingstone Districts.—NW 51; B 14.

42. **Allied Dialium Woodlands.**

Dialium Simii becomes dominant, with *Burkea africana* and other sand species associated, in a restricted type of very open woodland related to the above which is found in southern Sesheke District.—B 25.

43. **Copaifera mopani Woodlands.**

« Mupane » woodland or scrub-woodland, generally pure but sometimes mixed with spiny *Commiphora* spp., *Terminalia* spp., etc., and grading locally into *Isoberlinia globiflora* or *Brachystegia* mixtures. *Kirkia-Commiphora* mixtures near Livingstone and in the lower Zambezi Valley have been included for mapping purposes.—NW 60; NE 68.

DECIDUOUS THICKET TYPES.

44. **Bussea-Combretum Thicket and associated open vegetation.**

Impenetrable thicket of *Bussea massaiensis, Combretum tetrandrum, Pseudoprosopsis Fischeri,* etc., the « Itigi Thicket » of Tanganyika Territory, giving place locally to open vegetation of a *Terminalia-Diplorrhynchus-Combretum* type.—NE 62.

45 **Commiphora-Combretum-Pterocarpus Thicket or Forest.**

Dense thicket of *Commiphora* spp., *Combretum* spp., etc., with associated *Kirkia acuminata* or *Pterocarpus Stevensonii,* the latter attaining to forest growth in the lower Luangwa Valley and the Machili basin. An open *Commiphora-Euphorbia* type in Namwala District has been included for mapping purposes.—NW 59; NE 67.

HIGH GRASS-WOODLAND OR « CHIPYA » TYPES.

46. **Erythrophlœum-Pterocarpus, etc., « Chipya » vegetation.**

Very mixed tree growth of *Erythrophloeum africanum, Pterocarpus angolensis, Parinari mobola*, etc., with *Hymenocardia, Terminalia, Combretum, Diplorrhynchus* and other small trees in very tall grass and herbs. Dense evergreen *Syzygium* belts were formerly extensive in the Bangweulu region. *Copaifera* and *Syzygium* are present in Kalahari Sand examples, and peculiar scrub phases of Chipya vegetation are found on the Bangweulu sandbanks. « Chipya Forest » mixtures with *Brachystegia-Isoberlinia* vegetation in the Copperbelt region have been included for mapping purposes.—NE 58-60, cf. NW 200; B 12.

47. **Combretum-Afrormosia and Pterocarpus-Combretum vegetation.**

Various *Combretum* spp. with *Afrormosia angolensis, Terminalia torulosa, Ostryoderris Stuhlmannii* or *Pterocarpus angolensis, P. rotundifolius*, etc., forming scrub-woodland in tall grass. Semi-deciduous thicket belts of a *Combretum-Dalbergia* type are associated in North-Western Rhodesia.—NW 56, 57; NE 63, 64.

48. **Acacia-Combretum and allied vegetation.**

Acacia Woodii, A. campylacantha, A. heteracantha or *A. albida* with associated *Combretum* and other elements of the last type in tall grass; *Combretum* phases predominate in instances towards the head of the Luangwa Valley. Represented on Transitional Sands in Sesheke District by *Acacia giraffae* mixtures with *Terminalia sericea, Burkea*, etc.—NW 58, cf. 54, B 14 (*a*); NE 65.

BUSH-GROUP, TREE-GRASSLAND AND SCRUB-GRASSLAND TYPES

49. **Hyphaene Palm country.**

Belts of grouped or scattered *Hyphaene ventricosa* with associated *Terminalia sericea, Burkea africana, Acacia giraffae, Combretum*, etc., in low-lying grassland on the margins of the Transitional Sands. —NW 54.

50. **Copaifera mopani-grassland mixtures.**

Copaifera mopani, often with *Acacia hebecladoides* or *Albizzia Harveyi*, on large termite mounds in grassland (Bush-Groups, see below) or sparsely distributed in seasonally swampy grassland.— NW 60.

51. **Bush-Group types of vegetation.**

Small circular clumps of bush, generally about termite mounds, standing in seasonally damp or swampy grassland. Various *Cryptosepalum, Brachystegia, Uapaca-Syzygium-Parinari, Parinari-Burkea, Burkea-Erythrophloeum, Acacia-Terminalia* and similar types are found as transitions between related woodland types and grassland vegetation.—NW 55, cf. NE 51, B. 14 (*e*), 24.

52. **Diplorrynchus and other Scrub-Grasslands.**

Various mixtures of *Diplorrhynchus mossambicensis*, *Hymenocardia*, short *Parinari*, *Uapaca*, *Protea*, *Combretum*, etc., scattered through short grasslands. *Diplorrhynchus* Scrub-Grasslands, passing sometimes into *Burkea*-grassland mixtures, occupy great expanses of the watershed plains of Barotseland, passing locally into Bush-Group vegetation.—NW 46, 51.

53. **Philippia Scrub-Grassland.**

Scrub Grassland or moorland of *Philippia milanjiensis* with *Protea* sp., *Vellozia*, etc., and short sedge or grass growth on mountain summits in east Isoka District.—NE 8.

GRASSLAND TYPES.

54. **Kalahari Sand Plain and Watershed Grasslands.**

The great watershed sand plains of Barotseland carry short grassland of *Trychopteryx simplex* and similar wiry species, replaced by a taller *Tristachya* type in the Siluana Plains. The smaller and wetter circular plains of central Barotseland often contain a tussock *Miscanthidium* type. Both *Trychopteryx* and *Hyparrhenia* types are found on the Kalomo watershed grassland.—NW 65, cf. 67; NE 71.

55. **Valley and Flood-Plain Grasslands.**

Trichopteryx simplex and similar types occupy some valley grasslands and large areas of the flood-plains of the Chambezi-Bangweulu basin. A *T. Hitchcockii* type is found in and near the central Barotse Plain. Elsewhere, *Hyparrhenia* types are common, with a marked *H. rufa-Setaria* type on the Kafue Flats and other clayey flood-plains. A *Pennisetum glaucocladum* type is found on the inundated Lunga Plain area in the Bangweulu Swamps.—NW 65-67; NE 69, 70-72.

56. **Swamp and Papyrus Sudd.**

Swamp grassland of *Miscanthidium teretifolium*, *Phragmites* reed-beds, Papyrus sudd, belts of other *Cyperus* spp. and, in deep water, *Eleocharis plantaginea* are well represented in the Bangweulu Swamps. *Oryza Barthii* and *Echinochloa stagnina* occupy lagoon areas in the Barotse Plain and elsewhere.—NW 67; NE 70, 73.

COLOURING AND NOTATION

57. The land units represented on the map and set out in the accompanying key are the preceding vegetation types subdivided according to the major soil groups with which they are predominantly associated. Thus *Brachystegia-Isoberlinia* types on Kalahari Sands are represented in different colours from those on Plateau Soils, and these again distinguished from woodlands of the same class on Red Earths and Escarpment Hill Soils. Such a representation, however, entails a great number of mapping units, for which it has not been practicable to provide separate colours in all cases. A single colour, for example,

has been adopted for all occurrences of the main *Brachystegia-Isoberlinia* types on Red Earths, the vegetation class into which each falls being that of the surrounding general type with the exception that a few examples near Mpika carry *Brachystegia Burttii.* One colour, also, has been employed for the variable phases of these woodlands occupying the Escarpment Hill Soils, and the colouring used for the central *Isoberlinia paniculata-Brachystegia* woodlands on pallid sandy Plateau Soils has been extended to include eastern *I. paniculata-B stipulata* woodlands on soils of the same class (NE 54). In other cases single colourings have been used for soil variants of the same vegetation type, as in the case of *Marquesia, Brachystegia Hockii* and *Erythrophloeum-Pterocarpus* (Chipya) vegetation on Plateau and Lake Basin Soils. In general the combinations used are those which have seemed best calculated to make for clarity in the colouring of the map; with thirty-four tones derived from three primary colours this has necessarily been a deciding consideration.

58. At the same time, to facilitate reference to the key, a system of lettering and numbering of mapping units has been used, which is based on the predominant soil group of each type. The significance of the lettering is as follows :

R Red Earth and related red loam soils.

(A red R has been used to show occurrences of soils of the Red Earth class in certain Chipya belts and the intrazonal chocolate-red loams in areas of Upper Valley Soils).

B · Lake Basin and related soils.

P : Plateau Soils.

K : Kalahari Sands.

U : Upper Valley Soils.

L : Lower Valley Soils.

S : Grey and Black Swamp Soils.

(Mixed Grey Dambo Soils and shallow Plateau Soils of the Kalomo watershed grasslands included.)

SK : Related seasonally waterlogged soils of Kalahari Sand Plains.

SP : Shallow Plateau and ironstone soils of Scrub-Grassland types.

LP : Soils of Plateau class in Lower Valley regions.

s : Sandbanks of the Bangweulu type.

59. Except in the case of the complete surveys carried out through the Eastern and Western Province resettlement areas the colouring and limits of types should be regarded as built up from the framework of traverses shown in red on the map. Solid red lines have been employed for road traverses with the car mileometer and thinner red lines superimposed on broken lines for foot traverses by experienced observers. Thin red lines superimposed on dotted lines have been employed for other traverses on which information is less complete. Complete certainty, of course, is only attainable along the lines

of full traverses. Solid colouring, however, is used in the representation of vegetation-soil types wherever proximity of traverses, supplementary native information or other evidence from topography, aerial maps, photographs, etc., allows the type to be represented with reasonable confidence. Other areas for which positive information is lacking but which allow of reasonable conjecture are covered by alternate coloured and white stripes. In certain cases, as with occurrences of Chipya based on unconfirmed native report, the area is too small to carry the stripes. In these cases, however, the intermittent broken line which is used to show conjectural limits of types has been used to provide the same indication. Much of the information so represented, notably in the Northern Province, will no doubt require revision at some future date when more complete survey is undertaken, but it has been felt of more value to indicate what may be expected to be found and should be looked for by such surveys than to adhere to a rigid principle of complete exclusion of partial evidence and inference generally (1).

60. A number of stretches of country are occupied by combinations of two, or occasionally three, distinct types of vegetation which, owing to lack of detailed information, to the small size of the units involved or in certain cases to a simple admixture of two recognised types, cannot be given separate representation on the map. Combinations of grass plains with *Burkea* and *Diplorrhynchus* types of vegetation in west Barotseland, the various Bush-Group types of country referred to above, mixtures intermediate between certain of the major types of *Brachystegia-Isoberlinia* woodland and alternations of *Kirkia* (or *Copaifera mopani)* and *Brachystegia flagristipulata* vegetation north of Livingstone are examples of these cases. Such combinations of types are represented by alternate stripes of the appropriate colours. The stripe notation is also used for the scrub-grassland types Only the latter are listed in the key, as with the combined types the colour combinations used are held to give sufficient indication of their nature. It is possible that the Kalomo watershed grasslands should have received a similar notation as having originally contained caps of scrub-grassland.

APPLICATION TO LAND USAGE

61. While the map is far from complete as a soil map, and makes no pretence to be so, it provides a means of land classification which may be applied directly to native agricultural practice and to the determination of agricultural and forest potentialities generally. It is not

(1) Realignment of the Great North Road north of Mpika has lately revealed a large *Brachystegia Hockii* forest lying to the east of the old road, between points 11 and 4 miles south of the new junction with the Shiwa Ngandu road. A large tract of Bush-Group country has been observed from the air between the Kafue and the Barotse border, and *Hyphaene* Palm country has been detected near the north end of the Barotse Plain.

necessary to repeat the evidence for this here; summary reviews of the potentialities of the great majority of the types of land depicted have already appeared in the sections on land utilisation and land resources in the Reports of the Ecological Survey. Reference may also be made to discussions of this aspect in *Kew Bulletin* No. 1, 1937. and NE 34-41, to the varying durations of native cultivation instanced in NE 95-103, to the results of yield-sampling in native maize gardens in the Southern Province and to the extensive practical application of the vegetation-soil unit in the estimation of land carrying capacity which has been carried out by Allan in the resettlement schemes in the Eastern and Western Provinces.

62. The land units employed are therefore simply tabulated below with references to the relevant paragraphs in the Ecological Survey Reports. In the case of the earlier North-Western Report some revision or amplification of the potentialities of certain types is now desirable in the light of fuller knowledge, but in these cases it has generally been possible to make supplementary reference to the later Report on North-Eastern Rhodesia and to Martin's Barotseland Report. References to the latter are to paragraphs in the main body of the text. In order to provide a partial indication of the value and utilisation of the various types the reference are preceded by abbreviations denoting the categories into which the land is considered to fall for purposes of traditional native land usage. These abbreviations are as follows :

Wst.: *Useless land*, which owing to shallowness of soil, seasonal waterlogging or in certain cases sheer poverty or intractability of soil, does not normally admit of cultivation.

Par · *Partial cultivation land*, which is largely unsuitable for cultivation but may be used in native agriculture for either short or longer periods in restricted belts or patches of better soil.

Shf : *Shifting cultivation land*, which is cultivated more extensively for short periods of three of four years or so, followed by a long rest of about twenty years for regeneration of the woodland.

Rec : *Re-cultivation land*, which allows of cultivation for rather longer periods of four to six years or so in the first instance, after which it may be left for partial regeneration only while one or two other sites are cultivated. It is then returned to for further cultivation, after which a longer rest is needed.

Perm.: *Semi-permanent or permanent land*, which is generally cultivated for long periods of, e.g., eight to ten years at a time, separated by rests of corresponding duration,

or is kept under a continuous alternation of cultivations and brief fallows.

63. These categories are of a relative character, for it will be obvious that, e.g., shifting cultivation land may be subjected to re-cultivation under conditions of congestion of population, or might be brought to a more permanent status by suitable treatment such as manuring. They depend moreover, for their significance on the staple crop of the region concerned—the duration of cultivation is, properly speaking, a measure of the length of time for which the land is found productive for a particular crop. The distribution of staples, however, has already been set out in the Reports of the Ecological Survey (NW 89 sq., NE 112-122) and provided it is understood that the terms carry this implication they may be used to provide an approximate indications of the quality of the soil for native purposes (1). In certain cases, in regions of *chitemene* agriculture, where the land is not used to its full capacity, the higher category has been employed

64. In addition the following two abbreviations are used .

For : Land of present forestry importance or containing timbers of potential commercial value.

Pas : Land of present or potential pastoral importance (Only wholly or partially-fly-free types considered)

Brackets are used where these aspects are of lesser promise or of local importance only. References to occurrences of certain minor forest products are also included.

Index of Land Resources

EVERGREEN AND SEMI-DECIDUOUS TYPES

65. *Crystosepalum* Low Forest and Woodland on Kalahari Sands	Shf —NW 80, 129, 212; B 216, 338.
Marquesia and *Marquesia-Brachystegia* Woodlands :	
(*a*) on Plateau Soils	Shf.—NW 212; cf. NE 85.
(*b*) on marginal Lake Basin Soils . .	Rec.—cf. NE 86, 87, 334.

BRACHYSTEGIA-ISOBERLINIA WOODLANDS

Northern *Brachystegia* Woodlands :	
(*a*) on Plateau Soils	Shf.—NW 20-22, 74.
(*b*) on Kalahari Bracken Sands . . .	Shf. For.—NW 71, 72, 78, 200, 212

(1) The three main categories of shifting cultivation, re-cultivation and semi-permanent or permanent land correspond with three determinable soil classes, namely (1) soils of a light and sandy (or locally, a raw clayey) type, of intrinsically low fertility, (2) light soils of a more favourable texture, with a higher organic content or of rather greater general fertility and (3) intrinsically fertile or productive soils of a « strong » texture with considerable staying power under cultivation

Northern *Brachystegia-Isoberlinia globiflora* Woodlands on Plateau Soils . .	Shf.—NE 76, 77, 81, 82, 389.
Northern *Brachystegia-Isoberlinia paniculata* Woodlands on Plateau Soils . .	Shf. (For. Pas.)—NW 20-22, 72, 75, 212; NE 76, 77, 81, 82, 124, 125, 389.
Central *Isoberlinia paniculata-Brachystegia* Woodlands :	
(*a*) on Plateau Soils	Shf.—NW 20, 21, 76, 79, 212, NE 83, 95, 270, 389
(*b*) on Kalahari Sands . . .	Shf. For.—NW 24, 25, 72, 80, 212.
Eastern *Brachystegia Isoberlinia* Woodlands :	
(*a*) on Plateau Soils	Shf. (Pas.)—NE 75, 95, 96, 124, 125, 389.
(*b*) on allied Lower Valley Soils . . .	Wst.
(*c*) on Escarpment Hill Soils .	Wst./Par. — NE 256 sq., 389.
Southern *Isoberlinia globiflora-Brachystegia* Woodlands :	
(*a*) on Plateau Soils	Shf. (Pas.)—NW 20-22, 77, 109, 111.
(*b*) on Kalahari Sands	Shf. (For.)—NW 77, 128.
(*c*) on Escarpment Hill Soils .	Wst /Par.—NW 77, 127.
Brachystegia Hockii Woodlands :	
(*a*) on Plateau Soils	Shf./Rec. (For.)—NE 85 334.
(*b*) on marginal Lake Basin Soils	Shf./Rec. For. (Pas.)—NE 86, 124, ,125, 334 389.
(*c*) on Kalahari Sands (including *B bakeriana*)	Shf. For.—NW 24, 25; B 11, 12, 122, 133, 247.
(*d*) on marginal Upper Valley Soils.	Rec./Perm. (For.)—NE 98, 99, 332, 415
Undifferentiated *Brachystegia-Isoberlinia* Woodlands :	
(*a*) on Red Earths and allied red loams	Rec./Perm. (For.)—NW 23, 71, 74, 200; NE 13, 14, 84, 97.

(*b*) on Escarpment Hill Soils	Wst./Par.—NW 127; NE 256.

OTHER DECIDUOUS WOODLANDS AND FORESTS.

Baikiaea plurijuga Forest on Transitional Kalahari Sands	Shf. For.—NW 26, 72, 82, 200, 212, 423, 426; B 12.
Burkea-Copaifera-Baikiaea types on Kalahari Sands	Par./Shf. For.—NW 24, 25, 72, 81, 200; B 11 (*b*), 133, 178, 256.
Burkea africana Woodlands on Kalahari Sands	Wst./Par. For.—NW 24, 72, 81, 141; B 11 (*c*), 266.
Allied *Dialium Simii* Woodlands on Kalahari Sands	Wst.
Copaifera mopani Woodlands :	
(*a*) on brown Lower Valley Soils, skeletal soils, etc. . . .	Wst.—NW 31, 33, 85.
(*b*) on grey alluvial clays. . .	Wst.—NW 38, 85.

DECIDUOUS THICKET TYPES.

Bussea-Combretum Thicket and associated open vegetation on soils of Lake Basin type	Shf.—NE 91
Commiphora - Combretum - Pterocarpus Thicket or Forest :	
(*a*) on Transitional Kalahari Sands	Shf. For.—NW 26, 82, NE 423, 426.
(*b*) on Lower Valley Karroo Sands	Shf.—NW 32, 85; NE 422-426

HIGH-GRASS WOODLAND OR « CHIPYA » TYPES.

Erythrophloeum-Pterocarpus, etc., Chipya vegetation :	
(*a*) on Lake Basin and allied soi's . .	Rec./Perm. For. (Pas.)—NE 77, 78, 87-90, 125, 333, 334, 399, 400, 415-417, 421, cf. NW 200
(*b*) on Bracken and allied Kalahari Sands and sandbanks	Shf. Pas. For.— NW 71, 78, 111, cf. NE 89; B 12, 122, 180; NE 78.
(*c*) on soils of Red Earth class . . .	Perm. For. (Pas.)—NW 75, 200; NE 13.

Combretum-Afrormosia and *Pterocarpus* *Combretum* vegetation :	
(*a*) on Upper Valley Soils	Rec./Perm. (For.) Pas.—NW 28, 29, 83, 84, 109; NE 75, 100, 101, 270, 332, 408, 410, 415.
(*b*) on allied chocolate-red loams . .	NE 75, 100, 101, 270.
Acacia-Combretum and allied vegetation:	
(*a*) on Upper Valley Soils	Rec./Perm. Pas.—NW 30, 83, 84, 109, 110.
(*b*) on Transitional Kalahari Sands . .	Shf./Rec. (Pas.)—NW 26, 82, 109, 161, 172.
(*c*) on Lower Valley and other alluvium	Perm. (Pas.)—NW 34, 85, 109, 111, 179, 210; NE 102, 103, 396, 397, 407-412, 415, 420.

BUSH-GROUP, TREE-GRASSLAND AND SCRUB-GRASSLAND TYPES

Hyphaene Palm country on marginal Transitional Sands	Wst./Par. (Pas.)—cf. NW 109.
Copaifera mopani-Grassland mixtures on grey alluvial clays . .	Wst.—NW 85.
Bush-group types of vegetation .	
(*a*) on Grey Dambo Soils . .	Par.—NW 114, 122; NE 158, 270.
(*b*) on Kalahari Sand Plains . .	Wst./Par.
(*c*) on Transitional Sand Plains . .	Par.—NW 159.
Diplorrhynchus and other Scrub-Grasslands :	
(*a*) on Plateau and ironstone soils .	Wst. (Pas.).
(*b*) on Kalahari Sand Plains	Wst.—NW 15, B 11 (c), 227, 256.
Philippia Scrub-Grassland on mountain summits	Wst.

GRASSLAND TYPES.

Kalahari Sand Plain and Watershed Grasslands	Wst./Par. (Pas.) — NW 15, 24, 86, 111, 143 sq.; B 11 (c), 265.
Valley and Flood-Plain Grasslands .	Par. Pas.—NW 35-37, 71, 86, 109, 110, 143 sq., 172, 219-221, 229; NE 92-94, 104, 228 sq., 360, 394.
Swamp and Papyrus Sudd.	Wst.

66. The abbreviations used in the preceding table do not, of course, provide a full indication of the possibilities of the various types of land, particularly with regard to the development of new or specialised European crops. For these reference should be made to the paragraph citations from the reports concerned and to the sections in them dealing with economic crops. Having regard to soil qualities and general productivity, the following may be regarded as the principal land assets represented on the map :

R : *Brachystegia-Isoberlinia* Woodlands on Red Earths and allied soils on the Northern Plateau in North-Western Rhodesia and to a lesser extent on the Abercorn plateau —certain plantation crops.

R : *Brachystegia-Isoberlinia* Woodlands on red loams and adjoining soils in the Fort Jameson sector of the Eastern Plateau—maize soils, also used for flue-cured tobacco.

B 1, 4 : *Erythrophloeum-Pterocarpus*, etc., Chipya vegetation, with adjoining *Marquesia* belts, on Lake Basin Soils in the Chambezi-Bangweulu basin, in the lower Luapula Valley and elsewhere— various plantation crops.

K 11 : *Erythrophloeum-Pterocarpus* Chipya vegetation and adjoining land on the Bracken Sands of the North Mwinilunga highlands—pastoral and certain plantation crops

U 2, 3 : *Combretum-Afrormosia* and *Acacia-Combretum* vegetation on Upper Valley Soils in the lower Kafue Basin and south of Broken Hill, the *Acacia* type being the more fertile of the two—pastoral and maize soils.

U 1, 2 : *Pterocarpus-Combretum* vegetation and adjoining *Brachystegia Hockii* belts on Upper Valley Soils in Petauke and Fort Jameson Districts—maize, Burley tobacco, etc.

L 3 : *Acacia-Combretum* and allied vegetation on Lower Valley alluvium in the Luangwa, Lunsemfwa-Lukusashi and lower Zambezi Valleys—cotton, certain cereals, sun-cured tabacco, etc.

S 5 : Certain Valley and Flood-Plain Grasslands, notably the Kafue Flats and the Barotse Plain—pastoral and locally cereal crops. (If capable of reclamation from inundation, the Lunga Plain area of the Bangweulu Swamps would be included.)

With these, of much lower fertility but of present importance, must be included :

P 5, 7 : Southern *Isoberlinia globiflora-Brachystegia* Woodlands on Plateau Soils, and probably portions, at least, of the

Central *Isoberlinia paniculata-Brachystegia* Woodlands where the rainfall is not too high—flue cured or Turkish tobacco.

P 6 : Eastern *Brachystegia-Isoberlinia* Woodlands on Plateau Soils in Fort Jameson and Petauke Districts—flue-cured or Turkish tobacco.

The map does not, of course, show the intricate system of small dambo grasslands which follow the courses of lesser rivers and streams. Some of these, together with the seepage zones of plain margins in the Kalahari region, are of considerable agricultural value, particularly for dry-season cultivation (*vide* NW 143-150, 219-221; NE 92-94, 341, 342).

67. Land of potential forestry importance has a different distribution, the following types on the whole being the best stocked with indigenous timbers :

K 2 : Northern *Brachystegia* Woodlands on Kalahari Bracken Sands in north Mwinilunga District (*Pterocarpus, Erythrophloeum, Faurea, Albizzia*, etc.; well-grown *B. Hockii* and *I. tomentosa)*.

B 2 : *Brachystegia Hockii* Woodlands on Lake Basin Soils in several Districts in the Northern Province (*Pterocarpus, Erythrophloeum, Afrormosia, Albizzia*; well-grown *B. Hockii* and *I. tomentosa*).

K 5 : *Brachystegia Hockii* Woodlands and mixtures with adjoining types on Kalahari Sands in central Barotseland (*Pterocarpus, Copaifera, Parinari, Erythrophloeum*, though now much depleted).

R, etc : *Brachystegia-Isoberlinia* Woodlands and adjoining « Chipya Forest « types on Red Earths and associated soils in the Copperbelt and Solwezi regions (*Faurea, Albizzia, Pterocarpus, Erythrophloeum, Syzygium*, etc.; well-grown *B. Hockii* and *I. tomentosa)*.

K 6 : *Baikiaea plurijuga* Forest on Transitional and allied Kalahari Sands in south Barotseland and Livingstone and Balovale Districts (*Baikiaea* largely exploited).

K 7 : *Burkea-Copaifera-Baikiaea* types on Kalahari Sands in central and south Barotseland and Livingstone District (*Pterocarpus, Baikiaea, Copaifera, Ricinodendron, Afzelia*, etc.).

B 4 : *Erythrophloeum-Pterocarpus*, etc., Chipya vegetation on Lake Basin Soils in the Chambezi-Bangweulu basin, the lower Luapala Valley and elsewhere (*Pterocarpus. Erythrophloeum, Albizzia, Afrormosia. Afzelia*, etc.).

K 11 : *Erythrophloeum-Copaifera-Syzygium* « Sikone » forests of the Chipya type on Kalahari Sands in central Baro-

tseland (*Syzygium, Copaifera, Erythrophloeum, Parinari, Pterocarpus, Afzelia*).

The following types, also, while generally of lesser value, are of local importance :

K 3 : Central *Isoberlinia paniculata-Brachystegia* Woodlands on Kalahari Sands in Balovale District and locally in south Barotseland (*Pterocarpus, Erythrophloeum, Copaifera*, etc.).

K 8 : *Burkea africana* Woodlands on Kalahari Sands in north Kalabo District and on Transitional Sands in Namwala District (*Pterocarpus, Erythrophloeum*, etc.).

To these must be added the ordinary Northern *Brachystegia-Isoberlinia paniculata* Woodlands of the Copperbelt (P 4), which, although containing inferior species, provide the bulk of the timber used by the Mines. A restricted but valuable type, not represented on the map, is also found in the strips of Evergreen Fringing Forest (Mushitu, Litu) which are distributed along streams and dambos in North Eastern and northern parts of North-Western Rhodesia (NW 201, NE 45-47, 335; *Syzygium, Xylopia, Mitragyna, Khaya*, etc.).

68. Development of land resources in the Territory hitherto has largely been confined to the better agricultural areas and tobacco lands adjoining the railway line and towards Fort Jameson and to the Livingstone-Sesheke and Copperbelt forest. It is hoped that this map will serve to draw attention to a wider range of possibilities in the future. Mention may, for example, be made of the potential value of the remarkable forest and agricultural land of the Chipya tracts of the Chambezi-Bangweulu basin, similar if less extensive possibilities in the insufficiently known Red Earth areas of the Solwezi region and the forestry importance of various woodland types on the Kalahari Sands of Barotseland, Balovale and Mwinilunga. At the same time it should be made clear that many of these areas are at present wasting assets which are deteriorating under the influence of late fires, uncontrolled cultivation and destruction of their more valuable timbers. Extended measures for their conservation and proper utilisation will be necessarry if the country is to obtain the benefit of its ressources.

Communication préliminaire sur un essai de cartographie pédologique et phytosociologique dans le Haut-Lomami

(CONGO BELGE)

par A. FOCAN, Ingénieur Chimiste Agricole, et W. MULLENDERS, Licencié en Sciences Botaniques,
Assistants à la Division de Pédologie de l'Inéac, à Yangambi.

PLAN DU MEMOIRE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE. — **Généralités.**

1. — Cadre géographique.
2. — Topographie.

DEUXIEME PARTIE. — **Travail pédologique**, par A. FOCAN

1. — Méthodes.
2. — Description succincte et tableau des associations, types et faciès

1° Complexe des sols jaunes granitiques (souvent graveleux) :
- — Affleurements rocheux et sols squelettiques du granit,
- — sol jaune graveleux de la Luba-Tchisunza;
- — sol colluvionnaire jaune non graveleux de la Mwendjana;
- — sol rouge clair, ocre rouge de la Mumvu.
- — Sol rouge clair ou ocre rouge du granit;

2° Association des sols rouges à ocre, argileux, dérivés des roches basiques :
- — Affleurement rocheux;
- — sol rouge argileux, forestier, Kaniama-Mutuy;
- — sol ocre rouge à ocre jaune, argileux, des pentes, Mufuy-Musonzoie;
- — sols jaunes hydromorphes des têtes de sources, bas de pentes, Tchadimina;

— sols jaunes hydromorphes des plaines basses. Tchikolossi-Lubilash;
— sols à gley. Zengwe;
— sol de marais.

3° Mosaïque des sols à banc de quartz :
— affleurement rocheux;
— sol rouge à banc de quartz. Tschisulesiba,
— sol jaune et ocre à banc de quartz. Zavarukwanga;
— sol de marais à gley;
— sols alluvionnaires

TROISIEME PARTIE. — **Travail phytosociologique,** par W MULLENDERS.

a) Méthodes.

b) Description succincte des groupements végétaux :

1. Végétation aquatique. — *Nymphaetalia*
2. Végétation semi-aquatique. — *Papyretalia.*
3. Végétation des sols temporairement mouilleux — *Sporoboletalia*
4. Végétation nitrophile-rudérale — *Bidentetalia*
5. « Savanes » herbeuses paludicoles.
6. Savanes herbeuses et arborées — ordre des *Hyparrhenia-Terminalia.*
7. Végétation forestière xérophile.
8. Végétation forestière hydrophile paludicole. — Ass *Mitragyna-Spondianthus.*
9. Végétation forestière hygrophile climacique — Alliance de *Canarium Schweinfurthii* et *Albizzia Zygia.*

QUATRIEME PARTIE. — **Conclusions** (A. FOCAN et W. MULLENDERS).

a) Corrélations sol-végétation.

b) Conclusions pédologiques et phytosociologiques

BIBLIOGRAPHIE.

N. B. — Ce mémoire est le résumé de la communication n° 1 de la Carte pédologique et phytosociologique du Congo Belge, Feuille I : Kaniama, qui paraîtra incessamment.

INTRODUCTION

Le but de la mission pédologique et phytosociologique du Haut Lomami est de dresser à titre d'essai et de mise au point, la première feuille de la carte des sols et des groupements végétaux du Congo Belge. Ce travail de longue haleine est entrepris par l'Institut National

pour l'Etude Agronomique du Congo Belge. L'échelle adoptée est le 1 : 50.000', et la superficie de cette première carte fut fixée à 100.000 hectares. La région étudiée se trouve dans le domaine du « Comité Spécial du Katanga », dont la collaboration nous fut assurée pour certains travaux. Le choix de la région de Kaniama est dû au projet d'établissement de colons européens. La carte définitive devra contribuer à un aménagement rationnel selon les possibilités du pays, et aider à l'élaboration d'un « land-use planning » convenable. Les analyses des terres au laboratoire, et la détermination des collections botaniques étant encore en cours, nous ne pourrons donner ici que des considérations provisoires et susceptibles de modifications (1).

PREMIERE PARTIE. — **Généralités.**

1. — **Cadre géographique.**

Le centre de la Mission est installé à Kaniama (Haut Lomami), dans la partie Ouest de la Province du Katanga, Territoire de Kamina (Longitude 24° E — latitude 7°30 Sud), au Km. 335 du Chemin de fer Bas-Congo-Katanga. C'est un pays de plateaux d'inclinaison générale Est-Ouest, entrecoupés de vallées. Notre dition est limitée à l'Est par les rivières Luba-Lubishi, à l'Ouest par la rivière Lubilash, toutes trois coulant dans la direction Nord et tributaires du Kasai.

L'altitude varie de 750 à 1.000 mètres.

Le climat de la région est du type subéquatorial. Les précipitations annuelles varient de 1.200 à 1.900 mm. (Comm. de M. Herman, CSK, et M. Garusio, colon, Kitengo) et la moyenne annuelle, calculée sur 12 ans, est de 1.522 mm. Le nombre de jours de pluie est, en moyenne, de 125. La saison sèche, sévère, dure de mai à septembre Les vents dominants soufflent de l'Est durant toute l'année.

La température moyenne diurne de l'air oscille autour de 24° Les maxima atteignent 35°, les minima 17-18° durant la saison des pluies, et 11-12° durant la saison sèche. La température fronde au soleil à midi, est journellement de 30°, maximum vers 15 heures avec 35°.

La température du sol superficiel sur les dalles granitiques atteint 52° (15 h. le 23-2-48). Dans le sol granitique nu, nous avons mesuré, au même moment :

45° à 1-2 cm.	35° à 10 cm.
40° à 5 cm.	34°5 à 20 cm.

(1) Personnel de la Mission :
A. Focan, pédologue, Chef de Mission
I. Denisoff, pédologue.
W. Mullenders, botaniste.
La triangulation fut effectuée par M. G. Vander Cammen, du service géographique du C. S. K.; M Beugniez, géologue du C. S K., étudia la géologie de la région.

Le même type de sol, protégé par la savane (strate herbacée de 1,5 m. de hauteur) donne les chiffres suivants :

29°	à	2 cm.	26°	à	10 cm.
28°	à	5 cm.	25°	à	20 cm.

tandis que dans la galerie forestière voisine, on enregistrait :

24°	à	2 cm.	22°6	à	10 cm.
23°5	à	5 cm.	22°5	à	20 cm.

Le déficit de saturation, durant la saison sèche, en savane, aux heures les plus chaudes, varie de 20 à 30 mm. Hg.

L'eau de source, au cours de l'année entière, a une température oscillant autour de 23°.

L'indice d'aridité de DE MARTONNE est 45.

Au point de vue *phytogéographique*, notre dition se trouve près de la limite méridionale de la Région Guinéenne, Secteur du Haut Kasai (LEBRUN), district de l'Entre Luembe-Lubilash. C'est un pays de savanes arborées à des degrés divers et de galeries forestières, parfois très importantes. Le caractère guinéen de la flore est très accusé dans les galeries et forêts hygrophiles, en savane, par contre l'élément soudano-zambézien n'est pas à négliger.

Le climax sur les argiles latéritiques rouges et jaunes, nous paraît être une forêt hygrophile subéquatoriale, nettement guinéenne. Sur les sols granitiques, il y a lieu de considérer la possibilité d'un para-climax (Tuxen-1933). Quant aux massifs plus ou moins étendus de forêt à *Berlinia-Uapaca* rencontrés sur des sols sablonneux, ils constituent vraisemblablement des enclaves et des irradiations du domaine zambézien.

La majeure partie des *sols* de la région peut se raccrocher aux sols zonaux latéritiques jaunes et rouges, avec de très rares apparitions de bancs compacts en surface.

On y rencontre également des sols de formation récente, sols de marais à gley. Nous y trouvons aussi des types de sols provenant de roches granitiques et qui, à notre avis, ne peuvent se raccrocher ni aux latérites, ni aux argiles latéritiques.

Au point de vue *géologique*, on peut distinguer dans notre région deux grandes formations :

1° le massif gabbro-dioritique, passant en bordure à une tonalite (Comm. M. BEUGNIEZ);

2° le massif granitique.

2. — **Topographie.**

La cartographie pédologique ou phytosociologique suppose l'existence préalable d'un fond topographique exact, à l'échelle du 1 : 50.000e au moins. Les cartes existantes, sauf quelques exceptions (cartes des réserves forestières, dressées par M. HERMAN) étaient

nettement insuffisantes. La Mission a donc été obligée d'établir elle-même un schéma cartographique avec des moyens rudimentaires. Ce schéma provisoire sera inséré plus tard dans le cadre triangulé et cartographié par le Comité Spécial du Katanga.

Cette méthode conduit à une énorme perte de temps, et à un mauvais rendement du travail. La photographie aérienne, méthode idéale pour les pays neufs, nous aurait fait épargner un temps précieux.

DEUXIEME PARTIE. — **Travail pédologique,** par A. FOCAN.

I — **Méthodes.**

Le travail pédologique a été fortement entravé par la nécessité d'exécuter des travaux préliminaires importants, et la connaissance fragmentaire des sols du Congo.

Nous avons dressé une carte de « reconnaissance », c'est-à-dire que les limites exactes des types de sols n'ont pas été reconnues. Cependant, les formations géographiques de sols (associations-catenas-complexes-mosaïques) sont reconnues de manière assez poussée.

Dans chaque secteur, nous avons tracé des pistes parallèles et rectilignes, à partir d'une base, généralement une route. La distance entre les pistes varie de 500 m. à 2 km., la longueur des pistes atteint le plus souvent 5-6 Km. Les trous pédologiques sont creusés tous les 300-500 mètres suivant la topographie et les accidents locaux.

L'examen du profil en place, les analyses mécaniques, les mesures de pH et de structure effectuées dans notre laboratoire volant, nous ont permis de reconnaître, au moins provisoirement, des types de sols caractéristiques, auxquels nous avons donné des noms locaux, sans aucune prétention à une classifcation plus générale.

Notre unité cartographique est le *type de sol normal*, défini par des constantes caractéristiques dans sa partie dynamique (horizons supérieurs). On distingue dans un type de sol plusieurs *phases* ou *faciès* suivant les variations rencontrées dans la partie dynamique.

Les types de sols sont alors groupés en unités géographiques. Nous parlerons d'une *association* lorsque les différents types de sols sont associés au sein d'une même unité géologique suivant une loi topographique de répartition (cf. *catena* de MILNE). Voir JACKS (1946) et Soils and Men (1938).

Au contraire, lorsque, au sein de l'unité géologique, on ne peut dégager une loi de répartition des types de sol, nous parlerons de *complexe*.

Par contre, s'il y a un mélange géologique, sans loi de répartition, nous aurons une *mosaïque* (CLARKE 1941).

Nous avons ainsi pu distinguer :

1° Complexe des sols jaunes granitiques (souvent graveleux);

2° Association des sols rouges à ocre, argileux, dérivés des roches basiques (gabbro-tonalite);

3° Mosaïque des sols à banc de quartz.

2 — **Description succincte et tableau des Associations, Types et Faciès.**

1° COMPLEXE DES SOLS JAUNES GRANITIQUES (SOUVENT GRAVELEUX).

Ces sols ne peuvent se classer parmi les sols latéritiques. Ils sont relativement jeunes.

a) Affleurements rocheux et sols squelettiques du granit.

b) Sols jaunes graveleux.

b0-Type normal — Luba-Tchisunza — proviennent des roches granitiques acides. C'est un sol zonal, autochtone ou presque. Très graveleux, souvent même à faible profondeur, offrant jusqu'à 50 % de refus au tamis de 2 mm. à partir de 0,60 m. Le pH, aux environs de 5.5 en surface, est inférieur à 5 en profondeur. Le profil comporte 4 horizons, l'horizon supérieur est faiblement humifère, noir gris, l'horizon inférieur est en contact avec la roche mère vers 1,5 mm., souvent même à une profondeur plus faible. Ce type semble dominer sur les crêtes.

Couleur : H0 : noir gris, rarement présent.
H1 : grisâtre.
H2 : jaune sale.
H3 : jaune.
H4 : jaune à orange clair.

Structure : profil graveleux, n'ayant pas de véritable agrégation

bl-*Faciès décapé. Type Luba-Salaba :* l'horizon Ho n'existe jamais et Hi est réduit et induré, le gravier arrive en surface, l'érosion est continue.

c) Sol colluvionnaire jaune à ocre jaune non graveleux en surface.

c0-Type normal — Mwendjana. On y trouve encore quelques fragments de granit ou de graviers en profondeur, et l'on n'atteint plus la roche mère. Il se rencontre souvent dans les pentes, bas des pentes et fonds, mais existe en îlots sur les sommets de collines. On distingue 5 horizons :

H0 : noir foncé.
H1 : noir grisâtre.
H2 : jaune gris.
H3 : jaune sale.
H4 : jaune ou jaune ocre.

On ne peut parler de structure grumeleuse, les éléments grossiers nombreux lui confèrent une agrégation spéciale. Le pH est de 5.5 en surface et tombe à 5 en profondeur.

cl-Faciès décapé — Kabata. L'horizon H0 est peu marqué ou a disparu, H1 est souvent entamé.

d) Sol rouge clair ou ocre rouge du granit. Type normal - Mumvu.

Ce type est peu répandu et mal défini. Il s'est développé en bordure de la formation des roches granitiques, au contact avec le massif gabbro-tonalite. On le rencontre à mi-pente et dans la partie inférieure de la pente vers la rivière où la zone de contact s'est établie.

Nous distinguons 5 horizons :

H0 : gris brun.
H1 : brun grisâtre.
H2 : brun rougeâtre.
H3 : rouge clair.
H4 : rouge clair.

La structure est granuleuse dans la plupart des profils. pH : 6 en surface, 5.5 en profondeur.

e) Sol alluvionnaire du granit.

Petites étendues aux abords des rivières.

2° ASSOCIATION DES SOLS ROUGES A OCRE, ARGILEUX, DÉRIVÉS DE ROCHES BASIQUES : La répartition des types de sols est liée à la topographie.

a) Affleurement rocheux

b) Sol rouge typique.

Grenat, rouge sombre, rouge ordinaire, argileux forestier, avec banc latéritique à environ 5 mètres de profondeur (argile latéritique)

b0- Type normal. Kamama-Mutuy: occupe généralement les lignes de crêtes et le début des pentes.

Description d'un profil profond :

1 H0 : 0 à 0.10 m. — Terre noire humifère, argileuse, bien grumeleuse.

2 H1 : 0.10 à 0.20. — Terre brune noire, également humifère et grumeleuse.

3 H2 : 0.20 à 0.40-50. — Terre brune grenat, plus tassée, argileuse, structure grumeleuse, souvent légère induration.

4 H3 : 0.40 à 0.70-75. — Terre rouge grenat, plus meuble, argileuse, structure à tendance farineuse.

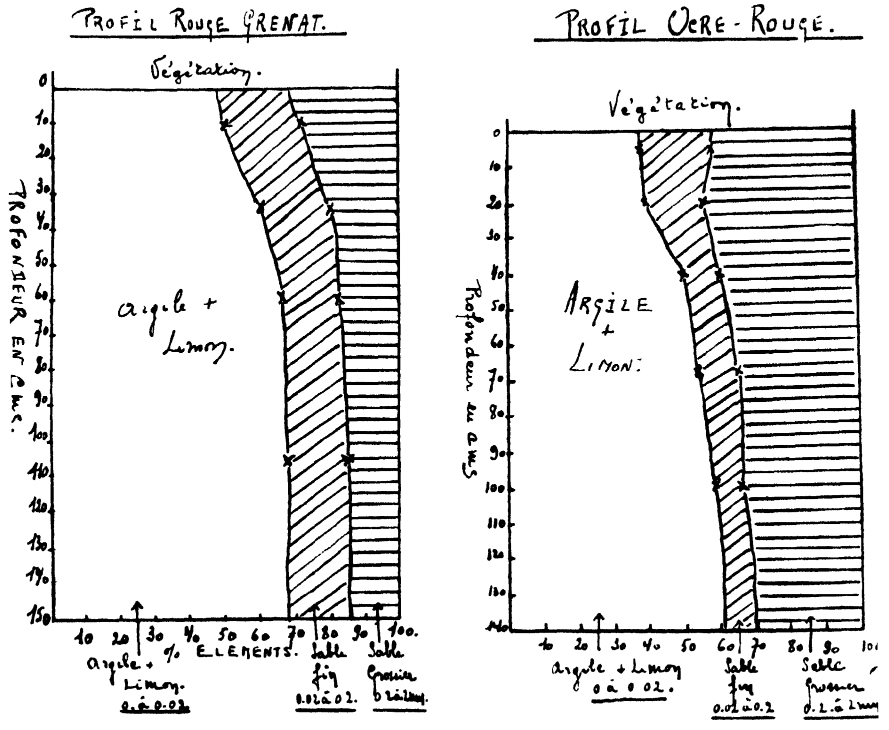
5 H4 : 0.75 à 1.25. — Terre rouge grenat ou rouge sombre, meuble, farineuse, toujours argileuse.

6 H4' : 1.25 à 4.50-5. — Terre rouge grenat, meuble variant peu en couleur, texture et structure.

7 H5 : 5 à 7,5 m. — Banc latéritique (1), pénétrable à la pioche seulement, non maturé.

8 : 7,5 à 8 m. — Quartz non roulé en terre rouge.

(1) Latérite : banc compact. Latéritique : horizon latérite non maturé (voir Pendleton).



9 : 8 à 10 m. — Terre rouge avec occlusions jaunes plus dures quasi solides.

10 : 10 m. et plus. — Roche en décomposition jaune crème.

Texture : H0 et H1 : 50 à 60 % de matière colloïdale.

H2 H3 H4 : de 60 à 80 % avec augmentation de H2 vers H4 (voir graphique).

pH : plus de 6 en surface, de 6 à 5.5 en H2, 5.5 en H3 et H4.

A notre avis, ce sont les meilleurs sols de la région; malheureusement les profils intacts, sans horizons tronqués, ne sont pas très répandus.

b1- *Sol rouge à concrétions et blocs de latérites en surface* (ou à quartz à faible profondeur).

b2- *Sol rouge modifié :* nous entendons par là des sols rouge grenat ayant subi de légères modifications en surface, un décapage partiel de certains profils, dû à des cultures et à l'usage abusif des feux de brousse.

b3- *Sol rouge partiellement tronqué ou dégradé :* L'horizon H0 a disparu dans presque tous les profils, H1 arrive en surface ou est déjà entamé.

b4- *Sol rouge en voie de modification actuelle :* nous groupons ici les sols rouges mis en culture, sans méthode, et avec abus du feu de brousse, occupation indigène actuelle.

b5- *Sol rouge dégradé et tronqué — Lubishi :* Les horizons H0 et H1 ont disparu ou sont réduits à leur plus simple expression. H2 arrive en surface, il est dur, compact, favorise le ruissellement et l'érosion. Il y a souvent présence de concrétions, dalles latéritiques ou blocs. Le sol est rouge dès la surface.

pH : 5 en surface, sans changement en profondeur.

c) Sol ocre rouge à ocre jaune, argileux, des pentes.

Banc latéritique à environ 5 m. Ce sont les sols les plus répandus de la région, occupant environ la moitié de la superficie prospectée. Ils occupent les pentes, parfois des plateaux en contre-bas. Ce sont également des argiles latéritiques.

c0- *Type normal. Mufuy-Musonzoie :* Ces sols sont moins argileux en général que les sols rouges, ils n'ont plus une vocation forestière aussi prononcée.

Description d'un profil profond.

1 H0 : 0 à 0.10 m. — Terre gris noir humifère, argileuse, structure plutôt grumeleuse.

2 H1 : 0.10 à 0.25-30. — Terre brun sale, plus ou moins humifère, structure plutôt grumeleuse.

3 H2 : 0.25 à 0.50. — Terre ocre brun, quelques infiltrations, structure plutôt grumeleuse.

4 H3 : 0.50 à 0.80. — Terre ocre rouge (ou ocre jaune) à tendance farineuse et meuble.

5 H4 : 0.80 à 1.20. — Terre ocre rouge farineuse, meuble.

6 H4' : 1.20 à 4,5-5 m. — Terre ocre rouge farineuse, meuble.

7 H5 : 5 à 7,5 m. — Banc latéritique pénétrable à la pioche seulement, peut-être plus dur que dans les profils rouges.

Les horizons Ho et H1 bien marqués, sont plus nets que dans le type Kaniama-Mutuy.

H2 est plus épais. Ces sols sont également moins grumeleux

pH : près de 6 pour les horizons H0 et H1; 5.5 pour H2 H3 H4.

c1- *Sol ocre à concrétions et blocs de latérites.*

c2- *Sol ocre modifié :* cf. b2.

c3- *Sol ocre partiellement tronqué :* stade plus avancé de décapage; bien représenté entre Kamakoko et le Lubilash.

c4- *Sol ocre en voie de dégradation actuelle :* nous groupons ici tous les sols ocre actuellement en culture.

c5- *Sol ocre décapé et dégradé avec concrétions et quartz — Lubishi.* Décapage visible des horizons H0 et H1. L'horizon H2 nettement induré, est en surface.

c6- *Sol ocre dégradé de Kamakoko* (souvent avec concrétions et blocs de latérite). De couleur ocre jaune, ce sol est plus léger en surface que le type normal.

Les concrétions sont plus nombreuses, ainsi que les blocs de latérite.

pH : 5.5 à 5.

d) Sols jaunes hydromorphes.

(Bas de pentes, têtes de sources, fonds).

d0- *Type normal — Tchadimina.* Il s'agit d'un sol jaune beaucoup plus sablonneux, faisant suite dans le relief au sol ocre. Nous classons ici tous les sols des bas de pentes, fonds et têtes de source, où manifestement l'eau a joué un rôle primordial dans la formation. Dans l'ensemble, ces sols sont plus légers et plus riches en sable fin Nous distinguons 5 horizons : H0 et H1 : gris noir assez net; H2 : jaune gris; H3 et H4 : jaune.

Structure sablonneuse en surface, sans tendance farineuse en profondeur.

pH : varie, suivant les plateaux, de 5.5 à 6 en surface; de 5 à 5.5 en profondeur.

Dans l'ensemble, ils occupent des situations où la pente est faible ou nulle.

d1- *Sol jaune hydromorphe à concrétions, blocs de latérite ou cailloux roulés.*

d2- *Sol hydromorphe gris, horizon jaune très bas.* Faciès peu répandu.

d3- *Sol jaune hydromorphe avec horizon humifère très développé et ancien gley.*

d4- *Sol paléo-alluvion à gley. Kabwe-Katanda.* Profils spéciaux rencontrés dans une dépression sur une ligne de crête Il s'agit probablement de sols de marais asséchés.

e) Sol jaune hydromorphe des plaines basses.

e0- *Type normal.* Tchikolossi-Lubilash.

Ce type de sol se rencontre dans les grandes plaines basses, avant d'arriver aux rivières principales. Sols assez légers dans l'ensemble pH inférieur aux autres types. Les horizons humifères sont moins tranchés. Le sol est beaucoup plus lessivé. Structure nettement sablonneuse

On y trouve des marais sur dalles latéritiques.

f) Sols à gley. (Marais et terrasses actuelles).

Nous avons groupé ici un ensemble de profils qui devront être dissociés plus tard. La plupart de ces sols sont sous eau une grande partie de l'année et on y trouve souvent un horizon gley actuel ou ancien.

f0- *Type normal.* Sol gris à gley, asséché en saison sèche. Il y a plusieurs horizons gris noir humifères, reposant à 70 cm. ou 1 m. sur un horizon de terre grise avec du sable grossier, fortement cimenté par une argile grise, tacheté de rouille très compacte.

f1- *Sol gris sablonneux*. — Le gley n'est pas visible, sauf peut-être très profondément, ou même n'existe pas.

f2- *Sol gris sablonneux à latérite sous eau* (Formation récente ou actuelle); se rencontre en bordure des parties marécageuses ou dons des dépressions sur certains plateaux. Il y a un horizon de latérite en formation.

f3- *Sol gris sablonneux à cailloux roulés.*

f4- *Sol gris sablonneux à cailloux roulés et latérites*

g) Sol de marais inondé toute l'année.

3° MOSAIQUE DES SOLS A BANC DE QUARTZ.

Nous classons ici des types de sols assez divers, mais caractérisés par un banc de quartz assez fortement cimenté, situé en général à 60 cm. de profondeur. Ce banc de quartz paraît être un résidu non décomposé et non décomposable d'origine incertaine (filon de quartz on intrusion granitique ?) et qui confère au sol certaines propriétés mauvais drainage en saison des pluies, manque d'eau en saison sèche. Nous n'avons pu trouver une loi de répartition pour les différents types de sols.

a) Affleurement rocheux

b) Sol rouge à banc de quartz.

b0- *Type normal*. Tchisulesiba. Sol très argileux depuis la surface, jusqu'en profondeur.

40 à 50 % de matières colloïdales en surface, 65 à 75 % en profondeur.

De 20 à 50 % de refus au tamis de 2 mm. dans l'horizon à quartz.

Banc de quartz à 1 m. environ. Sol très compact, en saison sèche, imbroyable se détachant en bloc. Le pH est élevé, 6 tant en surface qu'en profondeur.

b1- *Sol roufe à banc de quartz décapé*. Les horizons H0 et H1 ont été enlevés, H2 arrive en surface, il est dur, favorisant le ruissellement et l'érosion.

b2- *Sol rouge à gros éléments cimentés* Le banc de quartz n'est plus typique.

c) Sols jaunes et ocre à banc de quartz.

Sols voisins de bo- mais plus légers et de couleur différente.

c0- *Type normal*. Zavarukwanga.

c1- *Sol jaune à ocre décapé.*

c2- *Sol jaune à ocre avec gros éléments cimentés.*

d) Sol de marais à gley avec éléments grossiers en surface.

Il se caractérise par des débris quartzeux et des éléments grossiers nombreux dans le profil. Sont à noter aussi des variations assez fortes de pH.

e) Sols alluvionnaires.

En petits îlots.

TROISIEME PARTIE. — Travail phytosociologique,

par W. MULLENDERS.

a) Méthodes.

Le travail phytosociologique à la Colonie est entravé par la connaissance fragmentaire de la flore (1) et des groupements végétaux. La saison sèche constitue un grand handicap également. De même que pour les sols, la carte des groupements végétaux est une carte de reconnaissance, c'est-à-dire que les limites exactes des unités sociologiques n'ont pas été relevées.

Nous avons individualisé et classifié les groupements végétaux selon la méthode floristique-écologique (voir : BRAUN-BLANQUET, 1928-1932, LEBRUN 1947, MELTZER, WESTHOFF 1942, WEAVER et CLEMENTS 1938).

L'unité fondamentale est l'*association :* groupement végétal de composition floristique plus ou moins constante, ayant une structure déterminée et liée à des conditions de milieu également plus ou moins constantes. L'association est définie floristiquement par son *ensemble spécifique* qui comprend :

1° Les caractéristiques de l'association, de l'alliance, de l'ordre, de la classe;

2° Les campagnes présentes dans 50 % des relevés au moins (constantes);

3° Les différentielles.

Les associations affines par leur composition floristique, sont groupées en unités supérieures : *alliances, ordres, classes,* auxquelles correspondent des conditions déterminées de milieu. Chacune de ces unités possède des *espèces caractéristiques* (fidèles), espèces dont l'optimum de vitalité et d'abondance est réalisé au sein des unités correspondantes. Les *compagnes* sont les végétaux qui ne présentent aucun optimum. Les *différentielles,* quoique non caractéristiques au sens indiqué ci-dessus, se rencontrent dans un groupement à l'exclusion des groupements voisins.

Les *sous-unités* de l'association, employées ici, sont respectivement les sous-associations et les variantes, qui n'ont pas d'espèces caractéristiques propres, mais se distinguent par les espèces différentielles. L'investigation de la végétation est réalisée sur le terrain grâce à l'inventaire floristique (*relevé*) d'aires échantillons (*aire minimum*). Les relevés sont groupés en tableaux d'association permettant de déterminer les caractéristiques et la *présence* des espèces. Nous avons

(1) Nous remercions MM. BOUTIQUE et WILCZEK, botanistes à l'Inéac, qui ont bien voulu déterminer quelques-uns de nos spécimens. La collection botanique de M. HERMAN, à Kaniama, nous a aussi été d'un très grand secours.

eu recours également à la méthode de la valeur de recouvrement BRAUN-BLANQUET-MEYER-TSCHOU (1947) et pour les transitions et mélanges à la méthode de TUXEN-ELLENBERG (1937).

Pour la représentation cartographique, nous avons adopté les principes généraux établis par R. MOLINIER (1947).

b) **Description succincte des groupements végétaux.**

I. — *Végétation aquatique :* colonisant les eaux courantes et calmes.

Classe : *Potametea* (1) (TUXEN 1942). Ordre : *Nymphaeetalia* (LEBRUN 1947). Très fragmentaire. *Lemna paucicostata* HEGELM.

II. — *Végétation semi-aquatique* des bords des eaux.

Classe : *Phragmitetea* (Tuxen 1942). Ordre : *Papyretalia* (Lebrun 1947); peu représenté. Citons : *Cyperus Papyrus* L. (1 seul placeau), *Cyperus Haspan* L., *Leersia hexandra* SWARTZ, *Phragmites mauritianus* KUNTH., *Mimosa asperata L.*, *Heleocharis fistulosa* SCHULT.

III. — *Végétation des sols temporairement mouilleux.*

Ordre : *Sporoboletalia* (Lebrun 1947); pelouses rases végétant en bordure des dalles granitiques et dans les petites dépressions à sol squelettique.

Citons : *Sporobolus festivus* HOCHST., *Ilysanthes* cf. *trichotoma* URBAN, *Microchloa indica* BEAUV., *Bulbostylis abortiva* C. B. CL., *Fimbristylis exilis* ROEM et SCHULT., *Bryum argenteum* HEDW.

IV. — *Végétation nitrophile-rudérale :* colonisant les routes, emplacement de villages, champs indigènes et européens.

Ordre : *Bidentetalia pilosae* (Lebrun).

ALLIANCE I. — *Bidention pilosae* (Lebrun) : groupe les associations rudérales et culturales. Deux associations ont été rencontrées :

1° *Association à Portulaca quadrifida* et *Euphorbia prostrata* (Lebrun 1947) : colonise les emplacements de villages, chemins piétinés par l'homme et les animaux et plus ou moins régulièrement sarclés. Végétation rase.

2° *Bidentetum pilosae* (Lebrun) : groupement des cultures pérennes sarclées. Forte dominance de *Bidens pilosa*.

Laissés à eux-mêmes, les groupements précédents évoluent vers l'alliance du *Panicion*.

(1) Les groupements végétaux sont désignés par le radical du nom de l'espèce, + les suffixes, *-etum* pour l'association, *-ion*, pour les alliances, *-etalia*, pour les ordres, *-etea*, pour les classes, *-etosum* pour les sous-unités de l'association.

ALLIANCE II. — *Panicion maximi* (Lebrun) : représenté dans la région par deux associations :

1° *Ass. à Panicum maximum :* dont la strate supérieure atteint 2 m. Citons : *Panicum maximum* JACQ., *Cymbopogon densiflorus* RENDLE, *Leonotis nepetaefolia* R. BR.

2° *Ass. à Imperata cylindrica :* envahissant les champs et cultures dans certaines conditions, qui n'ont pas été étudiées.

Les groupements rudéraux et culturaux de notre région se trouvant dans la majorité des cas en savane, évoluent normalement vers une des associations de l'ordre des *Hyparrhenieto-Terminalietalia*, souvent en passant par l'alliance du *Panicion.*

V. — « *Savanes* » *herbeuses paludicoles.* Inondées en saison des pluies, et à nappe phréatique souvent superficielle. Plusieurs groupements devront y être distingués. La strate herbacée varie de 50-100 cm à 2-3 mètres suivant les groupements. Nous y rencontrons :

Sopubia simplex HOCHST.
Fuirena umbellata ROTTB.
Helichrysum globosum SCH BIP
Cyperus difformis L.
Panicum Dregeanum NEES
Brachiaria Kotschyana STAPF
Schizachyrium sp.
Briquetastrum africanum ROB. et LEBRUN
Hyparrhenia diplandra STAPF
Saccolepis interrupta STAPF
Aneilema sinicum LINDL
Loudetia phragmitoides HUBBARD
Setaria sphacelata STAPF et HUBBARD
Thalia Schumanniana DE WILD
Mariscus longibracteatus CHERM
Cyperus distans L.

Au cours de l'assèchement, la végétation herbeuse paludicole évolue vers un type boisé, formant une ceinture plus ou moins régulière autour des marais.

On peut y distinguer deux stades :

a) *Stade à Hymenocardia acida* TUL.; cette espèce domine généralement et est accompagnée de quelques autres arbres de savane. Suivant les circonstances locales, ce stade évolue soit vers les savanes à *Hyparrhenia- Terminalia*, soit vers la forêt climacique à *Klainedoxa-Pterygota.*

b) *Stade à Berlinia Giorgii* DE WILD. plus rare que le groupement précédent. Ici l'évolution vers la forêt climacique est plus accentuée.

VI. — *Savanes herbeuses et arborées :* ces savanes constituent dans la région des groupements permanents ou sub-climax. Ce sont des groupements dont l'évolution ultérieure vers le climax climatique est retardée par des facteurs dont l'action s'exerce d'une manière plus ou moins durable. Ces facteurs sont par exemple : le feu, le sol, la pente, les animaux sauvages, le pâturage.

L'origine des savanes de notre dition semble bien avoir été l'homme, qui aurait abattu la forêt climacique primitive. Les facteurs qui ont le plus contribué à leur maintien sont le *feu* et l'état du sol, résultant des abus culturaux et de l'érosion, ou même de qualités intrinsèques inférieures.

Ordre : *Hyparrhenieto-Terminalietalia* (*Hyparrhenia* div. sp. et *Terminalia glandulosa*) (ordo nova) — nous groupons dans cet ordre et d'une manière empirique, les savanes s'étendant grosso modo de puis la Luembe à l'Est jusqu'au delà du Lubilash à l'Ouest. L'ordre compte plus de 200 espèces.

Strate herbacée : de 50 cm. à 3 m. Arbustes : de 30 cm. à 5 m.

Strate arborescente : de 0 à 30 % — la hauteur ne dépasse que rarement les 10 mètres. Les feux de brousse parcourent annuellement ces savanes.

Caractéristiques d'ordre et de classe : 45, dont :

a) plantes herbacées et suffrutex

Hyparrhenia div. sp.
Panicum phragmitoides STAPF
Brachiaria brizantha STAPF
Eriosema psoraleoides DON
Tinnea antiscorbutica WELW
Acalypha senensis KLOTSCH
Crotalaria chrysochlora BAKER
Vernonia Smithiana LESS
Vernonia divulgata MOOR
Rhynchosia resinosa HOCHST
Abrus canescens WELW
etc

b) arbustes et arbres

Gymnosporia senegalensis LOES
Psorospermum febrifugum SPACH
Acacia cf. *Seyal* DEL.
Bridelia ferruginea BENTH
Anona senegalensis PERS.
Hymenocardia acida TUL.
Stereospermum Harmsianum K. SCHUM.
Parinarium curatellaefolium PLANCH
Entada abyssinica STEUD
Bauhinia reticulata DC.
Terminalia glandulosa DE WILD.

Encephalartos Lemarinelianus DE WILD. et DUR. est sporadique

L'ordre est divisé de la manière suivante :

1 — Alliance : *Hyparrhenion confinis* (all. nov.)

Association à *Acacia campylacantha* et *Beckeropsis uniseta* (ass nov.)

a) sous-ass. à *Sterculia quinqueloba* (sub-ass. nov.)

b) sous-ass. à *Eupatorium africanum* (sub-ass. nov.)
variante à *Ochna Debeerstii*
variante à *Andropogon shirensis.*

2 — Alliance : *Andropogonion shirensis* (all. nov.)

1. Association à *Loudetia arundinacea* et *Ochna Debeerstii* (ass. nov.)

a) sous-ass. type (nov.)

b) sous-ass. à *Pteris aquilina* var. *caudata* (sub-ass. nov.)

c) variante à *Berlinia Giorgii.*

d) variante à *Protea Bequaertii,* var. *pilosa.*

2. Association à *Sopubia* cf. *densiflora* et *Andropogon shirensis* (ass. nov.)

a) sous-ass. à *Eugenia Laurentii* (sub-ass. nov.)

b) sous-ass. à *Eriosema Tisserantii* (sub-ass. nov.)

3. Association à *Hyparrhenia rufa* et *Scleria Vanderystii* (ass. nov.)

1 — *Hyparrhenion confinis* — *Association à Acacia campylacantha-Beckeropsis uniseta*. C'est le groupement de savane le plus riche au point de vue floristique. Strate graminéenne : 2-3 m. Strate arborescente : 5-30 % et hauteur moyenne : 8-10 m., parfois même plus. La production de matière végétale est ici la plus importante et les feux de brousse les plus violents.

Aire minimum : 1,000 m² pour la strate herbacée, 1 hectare pour les arbres et arbustes. Ensemble spécifique : plus de 100 espèces, dont 35 caractéristiques de l'association et de l'alliance. Citons les principales :

Beckeropsis uniseta STAPF
Hyparrhenia confinis ANDERS
Digitaria uniglumis, var. *major* STAPF
Pteris aquilina, var. *caudata*
Pseudarthria Hookeri WRIGHT. ARN.
Desmodium lasiocarpum DC.
Leonotis mollissima GÜRKE
Urelytrum thyrsioides STAPF
Lantana cf. *congolensis* MOLD.
Merremia cf *ptericaulos* MULL.
Anchomanes giganteus ENGL.
Erythrina cf. *suberifera* WELW.
Mussaenda arcuata POIR
Vernonia Livingstoniana OLIV.
Acacia campylacantha HOCHST.
Albizzia versicolor WELW.
Albizzia sassa MACBRIDE
Sterculia quinqueloba K. SCHUM.
Stereospermum Kunthianum CHAM.
etc .

Sous-association à Sterculia quinqueloba : type de l'association tendant naturellement à se reboiser; ce groupement est truffé de lambeaux forestiers hygrophiles. Les pionniers de la forêt climacique s'installent sous les arbres de savane, qui constituent ainsi les noyaux de la reforestation. Ce groupement dans sa phase optimale est très dynamique.

Sous-association à Eupatorium africanum : stade appauvri de l'association. Les espèces de l'*Andropogonion* transgressent de plus en plus abondamment, en passant de la *variante à Ochna* à la *variante à Andropogon*. La tendance à la reforestation naturelle est fortement ralentie.

2 — *Alliance de l'Andropogonion shirensis* — comprend des groupements où la strate arborescente est très clairsemée. Parmi les 30 caractéristiques d'alliance, citons :

Andropogon shirensis HOCHST
Loudetia arundinacea HUBBARD
Hyparrhenia filipendula STAPF
Hyparrhenia rufa STAPF
Eupatorium africanum HOFFM.
Eriosema glomeratum HOOK. f.
etc. .
Securidaca sp.
Indigofera Schweinfurthii TAUB.
Vigna venulosa BAKER
Alysicarpus Zeyheri HARV.
Elephantopus cf. *senegalensis* OLIV. HIERN.
Trichodesma Ringoetii DE WILD.

Association à Loudetia arundinacea et Ochna Debeerstii — Strate herbacée : 1,25 m. Strate arborescente : 5-7 m. et 5-10 %. Aire minimum : 1,000 m² pour la strate herbacée et 1 Ha. pour les arbres.

Ensemble spécifique : 100 espèces, dont 25 caractéristiques d'association. Citons :

Loudetia arundinacea HUBB.
Ochna Debeerstii DE WILD.
Indigofera polysphaera BAKER
Cussonia sessilis LEBRUN

Cyanotis cf. *caespitosa* KOTSCH. et PEYSL.
Eriosema Tisserantii STANER et DE CRAENE.
Maprounea africana MÜLL. ARG.
Vigna esculenta DE WILD.
Tetracera Masuiana DE WILD. et DUR.
etc...

Association à Sopubia cf. densiflora et Andropogon shirensis — type de savane le plus pauvre de la région. Constitue le terme ultime des séries régressives, et nous l'appelons pour ce motif : *anti-climax*. Strate herbacée : 50 cm., parfois très clairsemée, montre un caractère xérophytique accusé, trahissant la mauvaise économie en eau du milieu. Les arbres sont pratiquement éliminés. Ensemble spécifique : 60 espèces dont :

Andropogon schirensis HOCHST
Sopubia cf. *densiflora* SKAN.
Asclepias lineolata SCHL.
Asclepias cf. *glaucophylla* SCHL.
etc. .
Striga asiatica O. KUNTZE
Asclepias aff. *solstitialis* CHEV.
Asclepias cf. *semi-amplectens* HIERN.
Asclepias div. sp.

Association à Hyparrhenia rufa et Scleria Vanderystii — strate herbacée : 1,5-2 m. Strate arborescente : 1 %, et 5-7 m. Strate humifuse : 5-10 % constituée par des mousses, des hépatiques à thalle (Riccia et des algues.

VII. — *Végétation forestière xérophile à Berlinia-Uapaca :* groupements mixtes, et localisés principalement dans le massif granitique Nous sommes d'avis qu'ils constituent des enclaves et irradiations du domaine zambézien.

VIII. — *Végétation forestière hydrophile paludicole* — le long des rivières marécageuses et des fonds humides, nous trouvons l'association à *Mitragyne stipulosa* O. KUNTZE et *Spondianthus glabra* (ass. nov. Herman, manuscrits, 1935) — groupement périodiquement inondé. Les arbres atteignent 25 à 30 mètres de hauteur. Citons dans ce groupement :

Mitragyne stipulosa O. KUNTZE.
Spondianthus Preussii, var. *glabra* ENGL.
Symphonia globulifera L.
Treculia africana DECNE
Clinogyne filipes BENTH
Pollia condensata C. B. CL.
Costus afer KER.
Culcasia angolensis WELW.
Macaranga angolensis MÜLL ARG
Pycnanthus Kombo WARB.
Beilschmiedia sp.
Clinogyne arillata K. SCHUM.
Phrynium confertum K. SCHUM
Renealmia congolana DE WILD et DUR.
Palisota hirsuta K SCHUM.
Piper guineense SCHUM. et THONN
etc .

IX. — *Végétation forestière hygrophile climacique.*

Alliance du *Canarium Schweinfurthii* et *Albizzia Zygia* (all. nov. Herman, 1935, manuscrits).

1. Association à *Klainedoxa lancifolia* et *Pterygota* sp. (ass. nov. Herman, 1935).
   a) sous-association type.
   b) sous-association à Fougères — replats alluvionnaires.
   c) sous-association à *Desmodium adscendens* (nom. prov.) — phase initiale de la xérosère.

2. Association à *Canarium Schweinfurthii* (ass. nov. prov.)

Citons parmi les espèces principales de l'alliance :

Canarium Schweinfurthii ENGL.	*Albizzia Zygia* MACBRIDE
Klainedoxa lancifolia VERM.	*Funtumia africana* STAPF
Lovoa trichiloides HARMS	*Chlorophora excelsa* BENTH et HOOK
Sterculia tragacantha LINDL	*Khaya* cf. *anthotheca* DC.
Celtis Zenkeri ENGL.	*Ricinodendron africanum* MULL. ARG
Parkia filicoidea WELW.	*Piptadenia Buchanani* BAKER
Cynometra Alexandri WRIGHT	*Klainedoxa* cf. *gabonensis* PIERRE
Staudtia gabonensis WARB	*Macrolobium macrophyllum* MACBRIDE
Bombax flammeum ULBRICH.	etc...
Myrianthus arboreus P. BEAUV	*Clausena anisata* OLIV
Sapium cornutum PAX	*Harrisonia occidentalis* ENGL
Eremospatha Haullevilleana DE WILD	*Buchnerodendron speciosum* GÜRKE
Combretum paniculatum VENT	*Combretum racemosum* BEAUV
Monanthotaxis Poggei ENGL et DIELS	*Ventilago africana* EXELL
Landolphia Dubreucquiana DE WILD	*Illigera pentaphylla* WELW
Mallotus oppositifolius MÜLL. ARG	*Abrus precatorius* L
Ouratea bruneo-purpurea GILG	*Olax subscorpioidea* OLIV
Musanga Smithii R. BR	etc .
Olyra latifolia L.	*Setaria megaphylla* TH. DUR et SCHINZ.
Clinogyne flexuosa K. SCHUM	*Leptaspis cochleata* THWAITES
Hybophrynium Braunianum K SCHUM.	*Streptogyne gerontogaea* HOOK f
Sarcophrynium Arnoldianum DE WILD	etc ..

1. — *Association à Klainedoxa lancifolia-Pterygota* sp — climax climatique sur tous les types de sol du massif gabbro-tonalitique. C'est une forêt hygrophile de type subéquatorial. Ces forêts forment des galeries forestières, parfois très larges : 500 à 1.000 m S'étendant sur les plateaux, elles ne sont pas liées à une nappe phréatique.

Des trous de 4 m. de profondeur sont constamment sans eau et même un puits de 23 mètres de profondeur n'avait pas encore atteint la nappe phréatique. Nous trouvons ici le groupement ayant la structure sociologique la plus complexe et la flore la plus riche. Dès que le régime des feux s'améliore ou est supprimé, il s'étend dans les savanes, surtout dans l'association à *Acacia-Beckeropsis*, type. Nous ne pouvons nullement souscrire à l'idée de la régression de cette association climacique, régression qui serait due à une hypothétique évolution climatique dans le sens de l'aridité (DELEVOY et ROBERT, 1935). Bien au contraire, nous sommes d'avis, avec HERMAN (1935), que ce groupement montre une nette tendance à l'extension.

2. — *Association à Canarium Schweinfurthii* (ass. prov.) : ce groupement constitue sans doute le para-climax sur les sols jaunes granitiques. (TUXEN — 1932).

QUATRIEME PARTIE. — **Conclusions,**

par A. Focan et W. Mullenders.

a) **Corrélations sol-végétation.**

Nous résumons dans le tableau suivant les grands traits des rapports unissant le sol et les groupements végétaux.

1. — Le *Climax :* L'Association à *Klainedoxa-Pterygota* existe sur tous les types normaux de sols mûrs, situés dans le massif gabbro-tonalite, et transgresse en bordure dans le massif granitique :

a) sol rouge argileux forestier. Kaniama-Mutuy;

b) sol ocre jaune et ocre rouge argileux des pentes. Mufuy-Musonzoie;

c) sol jaune hydromorphe des têtes de source, bas pentes, fonds Tchadimina;

d) sol ocre et rouge à banc de quartz (en partie). Tchisulesiba-Zavarukwanga;

e) sol rouge clair ou ocre rouge du granit. Mumvu.

2. — Le *para-climax*, association à *Canarium Schweinfurthii*, se rencontre sur :

a) sol jaune graveleux granitique. Luba-Tchisunza;

b) sol jaune non graveleux granitique. Mwendjana.

3. — *L'anti-climax :* Association à *Sopubia* et *Andropogon*, terme ultime des séries régressives, se rencontre sur tous les types de sols à profil tronqué :

a) sol jaune granitique graveleux tronqué. Laba-Salaba;

b) sol jaune non graveleux granitique tronqué. Kabata;

c) sol rouge clair, ocre rouge du granit tronqué;

d) sol rouge argileux forestier tronqué. Lubishi;

e) sol ocre rouge, ocre jaune argileux des pentes tronqué. Lubishi-Kamakoko;

f) sol ocre rouge, ocre jaune à banc de quartz tronqué.

4. — *Groupements permanents* (sub-climax).

Il existe un rapport satisfaisant entre *complexes* et *association* de sols d'une part, et *association* permanente végétale d'autre part.

a) Complexe des sols jaunes granitiques : Ass à *Loudetia-Ochna* en bordure, sur les sols rouges du granit : Ass à *Acacia-Beckeropsis.*

b) Mosaïque des sols à banc de quartz : Ass. à *Hyparrhenia-Scleria;* par place, surtout en bordure : Ass. à *Acacia-Beckeropsis.*

c) Association des sols rouges et ocre, argileux : Ass. à *Acacia-Beckeropsis.*

On constate l'existence d'un *rapport statistique*, entre les différents *types normaux de sols* au sein d'un complexe ou association pédologique, et une *sous-association* ou variante végétale.

1° — *Bonne relation :*

a) sols jaunes graveleux. Luba-Tchisunza : Ass. à Loudetia-Ochna, sous-ass. type;

b) sols jaunes non graveleux. Mwendjana : Ass. à Loudetia-Ochna, sous-ass. *Pteris aquilina;*

c) sols ocre jaune, ocre rouge à banc de quartz. Tschisulesiba-Zavarukwanga : Ass. à *Hyparrhenia-Scleria* par place, et en bordure : transgression de l'*Acacieto-Beckeropsetum*, sous-ass. *Ochna;*

d) sols rouges argileux forestiers. Kaniama-Mutuy : Ass. à *Acacia-Beckeropsis*, sous-ass. à *Sterculia;*

e) sols ocre rouge, ocre jaune argileux des pentes. Mufuy-Musonzoie : Ass. à *Acacia-Beckeropsis*, sous-ass. à *Ochna;*

f) sols jaunes hydromorphes des plaines basses. Tchikolosi-Lubilash : Ass. à *Acacia-Beckeropsis*, sous-ass. à *Andropogon*.

2° — *Mauvaise relation :*

Les relations sont très lâches dans les cas suivants :

g) sols jaunes hydromorphes des têtes de source, bas pentes Tchadimina : Ass. à *Acacia-Beckeropsis*, tantôt la sous-ass. à *Sterculia*, tantôt la sous-ass. à *Ochna;*

h) sols rouge clair, ocre rouge du granit. Mumvu : tantôt le *Loudetia-Ochnetum*, sous-ass. à *Pteris*, tantôt l'*Acacieto-Beckeropsetum, Ochnetosum*.

Pour chaque type de sol, il y a une relation étroite entre les faciès de dégradation ou de décapage, et la série régressive végétale. Les vitesses de régression ou de progression de la végétation sont en rapport avec les types de sols.

Enfin, la relation sol-végétation est plus sensible dans la partie dynamique du profil, que dans sa partie statique.

3° — Entre le sol et la végétation, il y a des relations d'ordre biologique, elles sont donc complexes et dynamiques, mais n'en restent pas moins saisissables. Voir le schéma ci-contre.

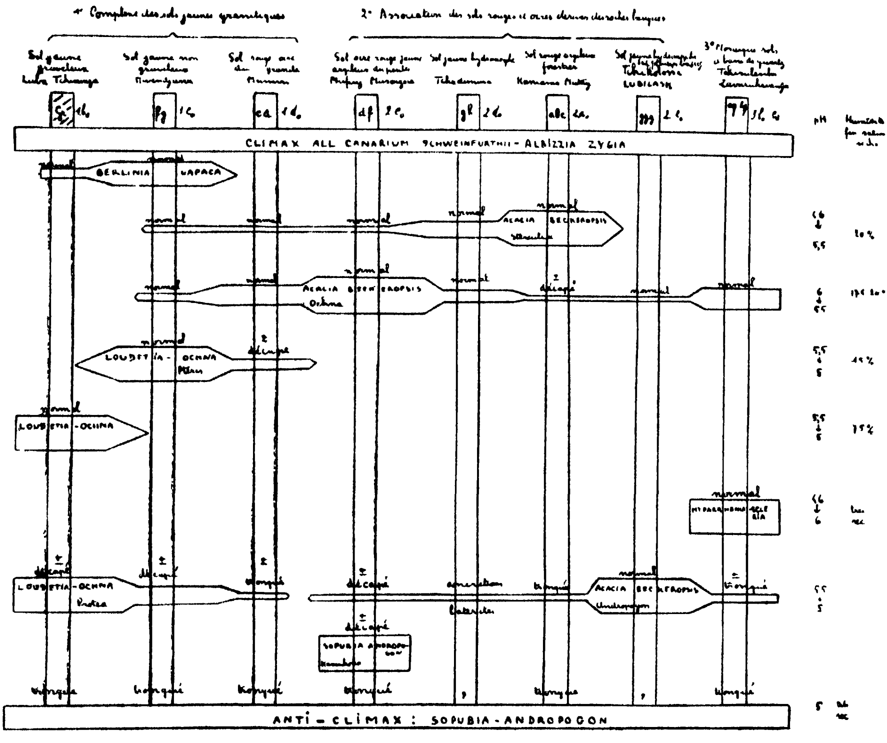
b) **Conclusions pédologiques et phytosociologiques.**

L'action de l'homme est indéniable dans l'évolution du profil considéré comme image du type normal. Les phases que nous avons distinguées sont sous sa dépendance directe. Le stade final est presque toujours constitué du sol de départ ayant perdu sa partie dynamique et occupé par une végétation régressive. Ce résultat est la sanction naturelle de méthodes culturales abusives et erronées, de feux de brousse maniés sans discernement pour la chasse, et de leur corollaire :

l'érosion latérale enlevant la partie dynamique du profil, en tout ou en partie.

Cet état du sol est-il encore réversible ? A part le cas de décapage ultime, caractérisé par l'association à *Sopubia-Andropogon*, où il y a doute, nous pensons qu'un traitement judicieux pourrait rendre à ces sols leurs qualités natives. Mais il est grand temps d'envisager le problème dans son ensemble, de contrôler l'évolution du sol avant qu'il ne soit trop tard et de ne pas perdre de vue la vocation des différents types.

La végétation et son dynamisme donnent d'excellentes indications.



RELATIONS : SOL-VÉGÉTATION

Tous les types *normaux* de sols de la région peuvent porter une végétation forestière hygrophile, dont l'influence sur les profils fatigués est, sans aucun doute, bienfaisante (cf. les admirables essais de M. HERMAN). Cette végétation s'installe relativement vite sur les sols peu modifiés, au contraire, plus le degré de décapage est important, plus difficilement se fait la reforestation. Il est donc essentiel de ne pas dépasser un seuil, au delà duquel les difficultés s'accroissent énormément. Ce seuil est d'ailleurs variable d'un type de sol à l'autre.

Nous ne voulons cependant pas affirmer que certaines savanes, à dominance de graminées, ne suffisent pas à elles seules à maintenir la

fertilité ou à amorcer l'amélioration des terres épuisées. Cette question doit êtreé tudiée, mais dans l'état actuel, c'est-à-dire en régime de feux de brousse, nous n'en avons aucune preuve. Le type de savane, le meilleur à ce point de vue, l'ass. à *Acacia-Beckeropsis*, sous-ass. à *Sterculia*, tend précisément à se reboiser spontanément.

Par contre, l'association à *Sopubia-Andropogon*, terme ultime de la régression végétale, est le point névralgique de l'évolution du complexe sol-végétation.

Par la mise en pâture, on y court les plus grands risques, si l'aménagement n'est pas bien étudié, et si la surveillance n'y est pas rigoureuse.

Yangambi, le 15 octobre 1948

BIBLIOGRAPHIE

1) Pédologique :

1941. Clarke. — *The Study of the Soil in the field.* Oxford

1946. Jacks, G. V. — *Land Classification for Land'use planning.* Imp Bureau of Soil Science, Harpenven, England.

1938. Milne, G. — *A report on a journey to parts of the West Indies and the United States for the Study of Soils.* Gov. Printer, Nairobi.

1942 Pendleton, R. L. and Sangar Sharasuvana. — *Analyses and Profile notes of some Laterite Soils and soils with iron concretions of Thaïland* Soil Science, 54, p. 1.

1946 Pendleton, R L. and Sangar Sharasuvana. — *Analyses of some siamese laterites.* Soil Science, vol. 62, p. 423.

1938. Soils and Men. — *Yearbook of Agriculture.* U S Government Printing Office.

2) Botanique :

1928. Braun-Blanquet, J — *Pflanzensoziologie*, Berlin

1932. Braun-Blanquet, J. — *Plant Sociologie.* New-York, trad. Fuller et Conard

1947. Braun-Blanquet, Emberger, L., Molinier, R. — *Instructions pour l'établissement de la Carte des Groupements Végétaux.* Montpellier.

1947. Braun-Blanquet, J., Meyer, P., Tschou, Y. T. — *Ueber den Deckungswert der Arten in den Pflanzengesellschaften der Ordnung Vaccinio-Piceetalia* Montpellier (Sigma n° 90).

1935 Delevoy, G. et Robert, M. — *Le Milieu physique du Centre Africain Meridional et la Phytogéographie.* Bruxelles.

1935-37-39 Herman — Manuscrits divers inédits

1947. Lebrun, J. — *La Végétation de la plaine alluviale au sud du Lac Edouard* Bruxelles
Lebrun, J — Manuscrits

1942 Meltzer, J., Westhoff, V. — *Inleiding tot de plantensociologie's* Graveland, 2 edt. 1944.

1933 Tuxen, R. — *Klimaxprobleme des N.W.-europaeischen Festlandes* Amsterdam (Nederl. Kruid. Archief, 43).

1937 Tuxen, R Ellenberg, H. — *Der systematische und der okologische Gruppenwert.* Hanover (Mitt. d Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft in Niedersachsen, Heft 3).

1938 Weaver, J. E, Clements, F. E. — *Plant Ecology.* New-York.

Essai de classification des types de sol de la région de Kaniama

par

A. F. FOCAN, J. L. D'HOORE et J. J. FRIPIAT,
Assistants à la Division d'Agrologie
de l'I. N. E. A. C.

SOMMAIRE.

INTRODUCTION

Dans une précédente publication de la Section de Recherche de la Division d'Agrologie de l'Inéac (1) une méthode nouvelle de caractérisation des sols fut exposée. Le principe en est le suivant : la fraction plus petite que 0,3 mm. considérée comme constituée par les unités structurales est isolée. La surface spécifique de ces unités structurales est mesurée ainsi que leur contenu en colloïdes vrais, c'est-à-dire en colloïdes unis par une liaison « eau » réversible.

Pour un type de sol donné on a la formule suivante :

$$So = K + kT$$

où So est la surface spécifique et T le contenu en colloïdes.

Les paramètres K et k sont caractéristiques du type considéré et permettent de classer les divers échantillons examinés. Dans cette note, nous nous proposons d'appliquer la méthode décrite ci-dessus à une série de sols de la région de Kaniama (Lomami) prélevés lors de la prospection pédo-botanique de cette région (mars 1947-mars 1948) par le service de cartographie des sols de l'I. N. E. A. C.

I. — TECHNIQUE EXPERIMENTALE

a) **Méthodes analytiques.**

Après avoir été passés au tamis de 2 mm., les échantillons sont séparés en deux fractions : plus grande que 0.297 mm. et plus petite que 0.297 mm. C'est cette dernière qui est utilisée.

On mesure la surface spécifique, c'est-à-dire la surface développée par tous les petits agrégats contenus dans 1 cm^3 par la méthode de perméabilité à l'air décrite dans le travail cité précédemment. On utilise, pour le calcul des résultats, la formule de DARCY modifiée.

L'échantillon est soumis ensuite à l'action du tétrachlorure de carbone et l'alcool méthylique qui scinde les liaisons « eau ».

Les colloïdes dispersés par ce traitement sont rechargés et remis en suspension par une faible quantité d'ammoniaque et dosés par la méthode des aréomètres de G. BOYOUCOS.

Seuls les échantillons provenant de profondeurs où la quantité de colloïdes naturellement peptisés par l'action des plantes est devenue nulle, sont examinés.

Généralement, deux échantillons par profil situé en dessous de 50 cm. jusqu'à 100 cm. et plus (partie statique du profil) furent étudiés.

En cas de divergence des résultats pour les deux couches, la priorité était accordée à l'horizon inférieur : ceci était dû généralement au fait qu'il s'agissait d'un horizon de transition où les colloïdes peptisés étaient encore présents.

Une fois les opérations décrites terminées, nous sommes donc en possession de deux chiffres pour chaque échantillon : So, surface spécifique et T, contenu en colloïdes « vrais ».

b) **Méthodes de calcul.**

Dans le travail déjà cité (1) nous décrivions une première application cartographique de la méthode pour une petite région de Yangambi où deux « types* » de sol seulement étaient présents. Le pro-

(*) Le mot « type de sol » est employé sans préjuger en rien de l'unité taxonomique que la méthode caractérise.

blème actuel était de loin plus complexe : région beaucoup moins homogène que celle de Yangambi, tant au point de vue géologie que pédologie. Une méthode plus raffinée fut appliquée.

Pour Yangambi, les valeurs T étaient groupées en classes de 3 unités de pourcents : de 18 % à 21 %, de 21 à 24 %, de 24 à 27 %, etc. Dans chaque classe, les surfaces spécifiques étaient disposées par ordre de grandeur croissante : de l'examen du tableau obtenu, il résultait que les surfaces spécifiques se groupaient en deux noyaux bien distincts dont la valeur moyenne était calculée.

Dans un graphique où So figurait en ordonnée et T en abcisse, les moyennes obtenues étaient inscrites et les points venaient se disposer sur deux fonctions linéaires différentes. Chacune de ces droites représentait par ses paramètres K et k, un type de sol différent.

Dans le cas actuel, et vu à la fois le grand nombre de types et la quantité relativement restreinte d'échantillons en notre possession, il devenait difficile d'opérer de la même façon. Aussi nous avons d'abord examiné les terres que le prospecteur nous renseignait comme appartenant toutes à un type bien caractéristique. Si les chiffres obtenus donnaient lieu à une bonne linéarité So en fonction de T, nous pouvions en conclure que la méthode était en concordance avec la morphologie et que les échantillons en question appartenaient à un type bien distinct. Dès lors, les chiffres relatifs à ces échantillons pouvaient être retirés des classes, ce qui allégeait l'interprétation des points restants.

Deux grandes catégories de sols : sols rouge-grenat de Kaniama (1 droite) et sols jaunes granitiques (3 droites) furent ainsi éliminés. Les sols restants furent traités comme les terres de Yangambi.

c) **Matériel étudié.**

Il s'agit des échantillons de la région I de la dition prospectée au Lomami et dont les résultats sont exposés dans une note de A. FOCAN et W. MULLENDERS (2). Elle est située au Nord du rail Elisabethville-Luluabourg et constitue un triangle dont Kaniama est la pointe Sud, la Luba-Lubischi la limite Est, le chemin de fer du Km. 334 au Km. 348, la route Mwadi-Kayembe-Kitengo et la rivière Mutuy la limite W; la limite Nord étant constituée par une parallèle à la route Mwadi-Kayembe-Sakadi à plus ou moins 5 km. à l'intérieur. La surface approximative est de 12.000 Ha.

La région a été prospectée systématiquement, mais seule une sélection d'échantillons caractéristiques a été rapportée à Yangambi.

C'est ce matériel qui servait à la présente étude. Dans une note (3) présentée à ce congrès, sont décrits les types de sols tels qu'ils ont été reconnus sur le terrain et les relations sol-végétation.

Les profils examinés sont reportés sur la carte annexée.

II. — RESULTATS

Les résultats sont condensés dans les 9 droites figurant au graphique I. Nous donnons dans le tableau ci-après les équations de ces droites.

TABLEAU N° 1.

I_0	:	So	=	330.5	+	91.3	T	
I_2	.	So	=	1040	+	90.0	T	
II_2	:	So	=	1574	+	136.4	T	
II_0		So	=	111	+	139.3	T	
II_1		So	=	—975	+	134.6	T	So = K k T
III_0		So	=	655	+	75.0	T	
III_1		So	=	—192	+	79.2	T	
IV_2	.	So	=	1020	+	72.0	T	
IV_0	:	So	=	60	+	84.0	T	

Rappelons la signification de K et k. Le paramètre k peut être défini par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\,So}{d\,T} = k$$

Littéralement k est donc la contribution que 1 % de colloıde vrai apporte à la surface spécifique de l'unité structurale : il donne donc *le mode d'agrégation des particules colloïdales unies par la liaison eau.* Le paramètre K est à notre avis, et sous réserve de plus amples informations, une grandeur liée à des facteurs étrangers au contenu colloïdal vrai, comme par exemple, la présence dans l'échantillon de colloïdes agrégés par des liants autres que l'eau

En outre, nous avons calculé pour chacune de ces droites la répartition statistique des échantillons selon leur teneur en colloïdes. Nous donnons dans le tableau suivant la teneur moyenne en colloïde (T) et la surface correspondante (So).

TABLEAU N° 2.

N° de la droite	T	So (en cm^2/cm^3)
I_0	33.5 %	3.400
I_2	25.8 %	3 460
II_2	21.0 %	4.440
II_0	22.8 %	3.360
II_1	31.0 %	3.180
III_0	28.0 %	2.820
III_1	31.0 %	2.250
IV_2	34.5 %	3.500
	25.5 %	2.840
IV_0	28.5 %	2.440

Il ressort de ce tableau que la répartition statistique pour la droite IV_2 montre deux maxima; ce fait, constaté lors du dépouillement des chiffres, sera examiné plus loin.

III. — DISCUSSION DES RESULTATS

De l'examen du tableau n° 1 il ressort immédiatement que les neuf droites peuvent se regrouper en faisceaux caractérisés par des valeurs similaires du coefficient k.

Les droites I_0 et I_2 ont des coefficients « k » égaux, aux erreurs expérimentales près :

$$90 < k < 91.3$$

Elles constitueront le faisceau n° I.

Les droites II_2, II_0 et II_1 ont leurs coefficients k compris entre les limites suivantes :

$$134.6 < k < 139.3$$

et formeront le faisceau II.

Ensuite, vient une série de quatre droites dont les coefficients varient entre

$$72 < \text{ et } < 84.$$

Les droites III_0 et III_1 sont bien définies et caractérisées par un grand nombre de points expérimentaux; elles furent rassemblées dans le faisceau III pour lequel

$$75 < k < 79.2$$

La droite IV_2 est celle pour laquelle nous avons eu le moins de chiffres et, par conséquent, dont la caractérisation est discutable. Sur le graphique n° I, on peut voir cependant qu'elle se confond en partie avec I_0.

La droite IV_0 a un coefficient k proche de celui des droites III et elle est, d'autre part, située sur le graphique entre III_0 et III_1.

Au sein d'un même faisceau, on voit que les coefficients K peuvent être fortement différents : ils ajoutent une caractéristique supplémentaire.

Pour permettre la comparaison avec les résultats de la prospection, les profils examinés sont reportés sur la carte annexée en attribuant à chaque droite un signe différent.

Examen du faisceau I.

Les profils constituant la droite I_0 appartiennent d'une façon absolument certaine aux sols rouge-grenat de Kaniama (voir note FOCAN-MULLENDERS) (3).

C'est un type dont la reconnaissance n'offre aucune ambiguïté et dont les caractéristiques morphologiques sont d'ailleurs bien définies tout comme les caractéristiques analytiques.

Les profils situés sur la droite I_2 appartiennent aux sols ocre-rouges qui se trouvent généralement sur une pente et dont la parenté avec les premiers est indiscutable.

En examinant les profils ayant donné naissance à la droite IV_2 nous avons été amenés à les rattacher au faisceau I. Nous justifions ce point de vue de la façon suivante. Tout d'abord le nombre de points expérimentaux en notre possession était restreint : ceci amenait une incertitude sur la valeur de k et ne nous permettait pas de rejeter à priori l'hypothèse de la parenté avec le faisceau I, comme nous l'avons déjà souligné.

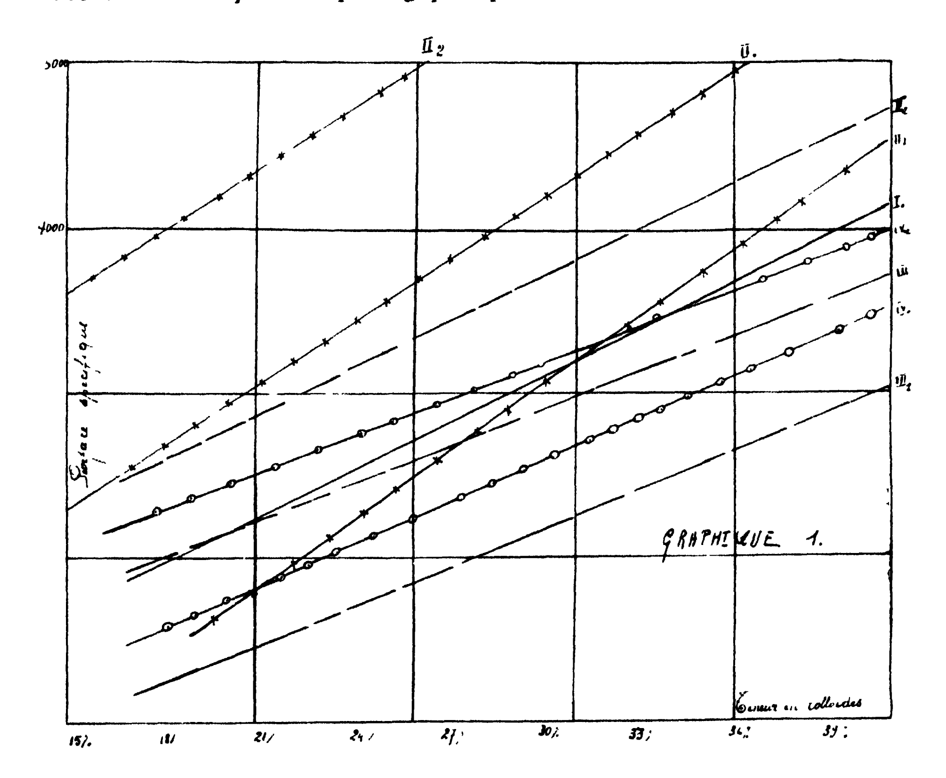
Ensuite, du point de vue géographique, la plupart de ces profils étaient compris dans l'aire de dispersion des sols du faisceau I : ce sont des sols à tendance jaune prononcée, et à propriétés différentes de ceux formant la droite I_2.

Examen du faisceau II.

Les profils de ces droites sont tous de sols d'origine granitique

La droite II_2 groupe des sols jaunes caractérisés par la présence de graviers.

La droite II_0 rassemble sensiblement les sols jaunes non graveleux tandis que la droite II_1 ne semble pas correspondre à des profils ayant des caractéristiques morphologiques particulières.



Examen du faisceau III.

Ce faisceau caractérise les sols rouges, « Lubishi » dont il n'avait été fait qu'un faciès, « sols décapés des sols rouge-grenat Kaniama » dans les notices déjà citées (3) et (2).

A la lumière de cette étude, nous pouvons en faire un type de sol nouveau, ce qui confirme les inductions faites par l'un de nous sur le terrain.

La droite III_0 caractérise le type normal de sol rouge Lubischi, tandis que les sols plus ocracés relèvent plus particulièrement de la droite III_1. Nous avons fait entrer dans ce faisceau les profils de la droite IV_0 dont le coefficient k est d'ailleurs proche de ceux de III_1 et I. Elle groupe des sols liés géographiquement aux précédents, mais de couleur jaune et de texture différente.

L'examen des faisceaux et des types le constituant nous a permis d'établir la carte ci-annexée, à propos de laquelle nous devons faire les restrictions suivantes :

1) Nous avons travaillé sur un nombre relativement restreint de profils situés sur les plateaux et les pentes, mais occupant la superficie la plus importante. Entre ceux-ci, nous avons extrapolé les limites de nos types de sol sans tenir compte des accidents géographiques intermédiaires pouvant donner naissance à des sols nettement différents, mais dont l'aire de dispersion est très limitée.

2) Les profils des bords des rivières et des marais n'ont donc pas été étudiés et les types correspondants ne figurent pas sur la carte. Seules les terres hautes de l'association et du complexe furent étudiées.

D'après les résultats acquis, nous formulerons les déductions suivantes :

1° Un faisceau de droites (k caractéristique) permet de grouper des sols d'une même origine. La correspondance peut s'établir comme suit : faisceau I = association des sols rouge grenat Kaniama; faisceau II = complexe des sols granitiques jaunes, le faisceau III définira une nouvelle association dite « des sols rouges Lubishi ».

2° Au sein d'un même faisceau (K caractéristique), les droites semblent caractériser les types de sol de l'association, tout au moins pour les profils des plateaux et des pentes.

A l'appui de ceci s'ajoute un argument d'ordre textural. Nous avons consigné dans un diagramme triangulaire la composition granulométrique des échantillons examinés. Le diagramme n° 3 montre assez clairement 3 zones de groupement des points expérimentaux correspondant aux trois faisceaux de droites décrits. Notons que la composition granulométrique est établie par l'analyse mécanique selon la méthode de dispersion internationale A et sédimentation dans le cylindre d'Atterberg.

IV. — EXAMEN MINERALOGIQUE

Une sélection fut faite d'un certain nombre d'échantillons appartenant aux trois types caractéristiques établis : I (I_0), II (II_2, II_0, II_1) et III (III_0). Le but de l'examen était de rechercher les différences minéralogiques que ces types pouvaient présenter entre eux afin de contrôler la validité de notre représentation; de plus, la minéralogie pouvait apporter des éléments nouveaux non saisissables par notre méthode sur le degré d'évolution des types respectifs.

a) Schéma des opérations effectuées.

La caractérisation du type de sol en laboratoire fut jusqu'ici établie sur la fraction passant par le tamis de 0,297 mm. Nous avons préféré faire l'analyse minéralogique sur le sol passé par 2 mm. Le fer libre, toutefois, fut déterminé pour le sol entier et pour la fraction fine.

1° Unités structurales 297 microns (N° 50)
Détermination du fer libre.

2° Terre entière.

a) Détermination du fer libre.

b) Isolation et pesée des fractions de sable.

2000 — 420 — microns (N° 10-40)
420 — 74 — microns (N° 40-200)

Les chiffres entre parenthèses se rapportent aux U. S. Standard Sieves A. S. T. M.

c) Séparation de la fraction 420 — 74 microns en fraction légère et fraction lourde, au moyen de bromoforme (d = 2.9)

d) Examen microscopique de ces deux fractions.

b) **Le fer libre.**

Comme l'un de nous le décrit ailleurs (4) la plus grande partie du fer libre (90-95 %) se présente sous forme d'oxydes hydratés.

Dans le sol, nous devons considérer deux cas extrêmes :

a) Les oxydes hydratés étalés en minces pellicules sur les surfaces des constituants du sol.

b) Les oxydes hydratés « précipités sur eux-mêmes » et formant des macro- ou micro concrétions.

Les conditions qui régissent ces deux formations distinctes ne sont pas encore connues. On peut cependant admettre que les argiles d'un sol ont une certaine capacité d'adsorption pour des sesquioxydes fraîchement formés. Si elle est égale ou supérieure au total des sesquioxydes libérables il ne s'y formera pas de concrétions. Si la quantité de fer déjà libérée ou libérable dépasse la capacité de sorption des argiles pour les sesquioxydes, la formation de concrétions devient probable.

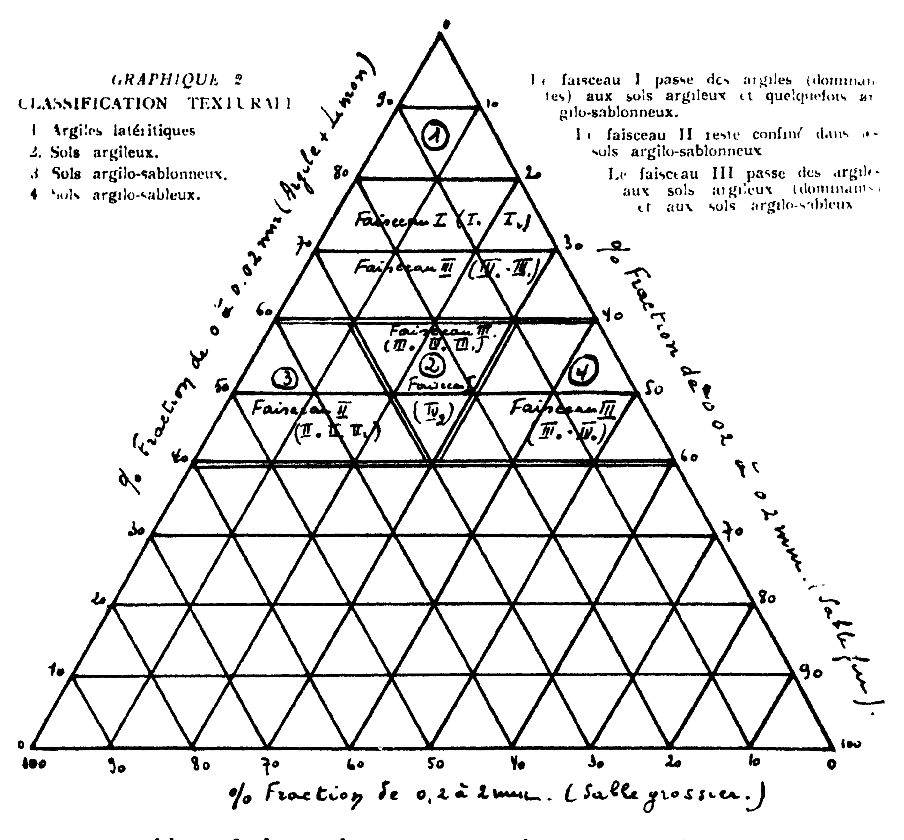
Le premier cas se manifeste par une certaine corrélation entre la teneur en argile libre et le fer libre : le fer, en effet, constitue la partie la plus mobile et la plus importante des sesquioxydes libres. La corrélation sera d'autant plus marquée, que l'argile du sol sera plus proche de son point de saturation en sesquioxydes.

Quand il n'existe aucune corrélation entre ces deux grandeurs, on peut incriminer différentes causes :

— Ou bien il y a un surplus de fer, précipité sous forme de concrétions;

— Ou bien la quantité de fer libérée est de loin inférieure à la capacité de sorption.

Dans le premier cas, nous trouverons des quantités de fer assez grandes, dans le second cas ces quantités seront faibles.



Le tableau 3 donne les teneurs en fer et en argile de quelques échantillons des 3 types. Ces dosages du fer furent effectués sur la fraction passant par le tamis de 297 microns.

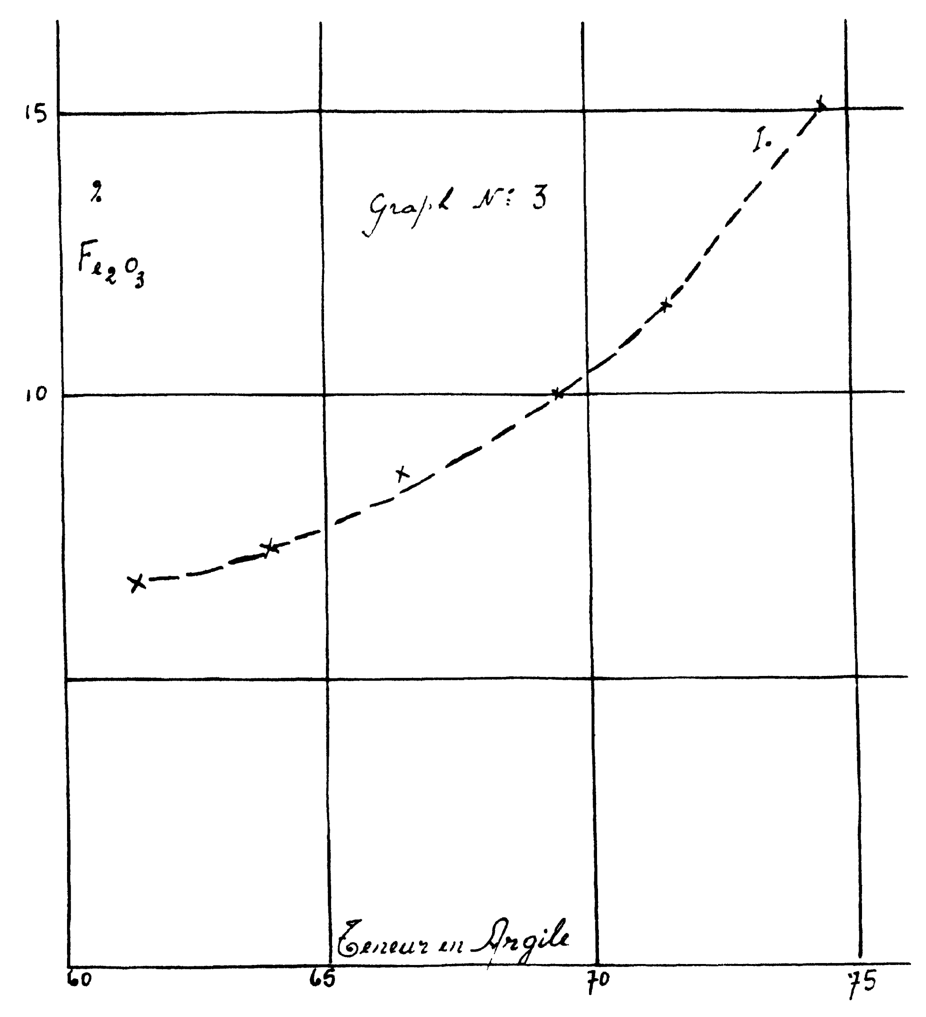
TABLEAU N° 3.

N°	Type	Arg. %	Fe^2O^3 %	N°	Type	Arg. %	Fe^2O^3 %	N°	Type	Arg. %	Fe^2O^3 %
19.349	I°	69.4	11.5	17.360	II°	51.7	5.3	19.301	III°	58.0	7.4
19.256	I°	65.0	9.0	17.403	II°	51.7	5.8	18.998	III°	56.2	6.9
17.512	I°	66.6	8.9	19.233	II¹	56.7	7.8	19.002	III°	48.0	6.2
17.447	I°	63.9	7.3	17.368	II¹	41.0	4.7	19 161	III°	59 5	9 0
17 439	I°	61.5	6.9	17.389	II²	45.5	11.9	19.025	III°	57.9	9.3
17.423	I°	71.7	11.6	17.385	II²	44.6	5 3	19.089	III°	63.9	15 7
17.407	I°	74.4	15.1	17.335	II²	53.9	7 6	20.516	III°	45.7	11.5
								19.016	III°	55.1	8 8

Les rapports des moyennes des teneurs en argile aux moyennes des teneurs en Fe_2O_3 sont respectivement en pourcents :

Type I_0 : 14,9 % Type II_0 : 16,9 % Type III_0 : 16,8 %.

Des trois types de sol, seul le type I_0 montre une belle corrélation entre les teneurs en argile et en F_2O_3. Voir Graphique 3.



L'argile de ce type de sol peut être considéré comme saturée en sesquioxydes, mais elle ne présente pas encore un concrétionnement marqué dans les couches supérieures (1 m. — 1 m. 50), bien qu'il y ait en profondeur (4 m. 50) un horizon d'accumulation formé sans doute par le fer mobile entraîné et concentré en un banc latéritique non induré.

Le Type II n'accuse aucune corrélation. Par rapport à sa teneur en argile, la teneur Fe_2O_3 est assez faible. C'est une terre jeune non encore différenciée et dont la roche-mère (granit à gros grains) est plus pauvre en minéraux ferrugineux.

Quant au type III_0, outre l'absence de corrélation, le rapport fer/argile est assez élevé. Ceci, d'après notre hypothèse, impliquerait la présence de fer, concrétionné et effectivement ces sols rouges Lubishi possèdent très souvent dans les horizons de surface de nombreuses concrétions — (bean-shaped). Mais si nous ne pouvons être

affirmatifs quant à la présence d'un horizon d'accumulation en profondeur, on peut cependant le présumer. Les horizons d'accumulation déjà signalés seraient produits par des apports de sesquioxydes rendus mobiles par intervention biologique ou autre comme il en est fait mention dans un autre travail (4) de J. D'HOORE.

Le mécanisme de leur formation est tout autre que le concrétionnement en surface. Le fait de trouver des concrétions ne peut donc tout expliquer et n'est que le terme de départ de l'étude de la latérisation.

Il nous est donc impossible de considérer la teneur totale en fer libre comme une variable indépendante caractéristique; il faut la subdiviser en fer concrétionné et en fer de recouvrement, ce dernier devant être rapporté aux surfaces qu'il recouvre.

c) **L'analyse minéralogique proprement dite.**

1) COMPOSITION GRANULOMETRIQUE.

Les types II se distinguent nettement des types I_0 et III_0 par leur texture beaucoup plus grossière. Quoique la partie passant au tamis de 2 mm. soit encore relativement riche en éléments fins (argile + limon = 40-50 %), la fraction 2000-420 microns atteint, en certains cas, 36 %.

Les types I_0 et III_0 se différencient surtout par leur teneur en éléments fins. Pour le type I_0 cette teneur varie de 60 à 75 %, pour le type III de 45 à 65 %.

La teneur en éléments grossiers 2000 — 420 microns est inférieure à 10 %.

L'examen microscopique fut effectué sur la fraction de 420 — 74 microns. Les pourcentages de cette fraction sont très variables, au sein d'un même faisceau sauf dans un cas : le type II_2 se distingue nettement des types II_0 et II_1.

TABLEAU N° 4

N	Type	%	N°	Type	%	N°	Type	%
17.360	II_0	30 5	19.233	II_1	27.2	17.389	II_2	16 2
17 403	II_0	27.5	17 363	II_1	29 1	17.385	II_2	10.5
						17.335	II_2	12 2

Ceci confirme une remarque précédente, à savoir que le type II_2 représentait les sols jaunes graveleux, avec par endroits des débris de roches à peine décomposés en voie de décomposition.

2) EXAMEN MICROSCOPIQUE.

a) Fraction lourde (densité supérieure à 2,9).

TYPE I : La fraction lourde est abondante. Elle est composée en majeure partie (90-95 %) de minéraux opaques noirs, surtout de la

magnétite. Parmi les minéraux transparents, les zircons dominent. Dans tous les échantillons, nous rencontrons des amphiboles vertes Sporadiquement, des rutiles, des tourmalines, des disthènes, des grenats, des anatases, et une fois de l'épidote.

TYPE II : Fraction lourde abondante. Les opaques noirs sont moins fréquents que dans le cas précédent. Les minéraux clairs dominants sont le zircon, le rutile, la tourmaline, l'amphibole brune, sporadiquement des chlorites, et des andésines.

TYPE III : Fraction lourde abondante. Les minéraux opaques noirs sont de loin dominants (90-95 %). La composition en minéraux clairs ressemble à celle du type I_0 quoique les amphiboles soient rares, et les rutiles mieux représentés.

b) Fraction légère (densité inférieure à 2,9).

TYPE I_0 : Comme minéraux intéressants du point de vue agronomique, signalons quelques muscovites et des feldspaths du type *oligo clase*. La composition de ces feldspaths varie de Ab9.An1 à Ab7.An3

Ab = albite = $Na.Al.Si_3O_8$

An = anorthite = $Ca.Al_2Si_2O_8$

Ces feldspaths sont malheureusement peu nombreux. Sporadiquement, quelques orthoses et quelques microlines (feldspaths potassiques).

Ici il existe une différence très marquée entre les types II_0 et II_1, d'une part, et II_2 d'autre part. Les trois échantillons du type II_2 examinés contiennent des quantités intéressantes d'orthose et de biotite

Les types II_0 et II_1 contiennent également de l'orthose, mais en quantité moindre; quant à la biotite, elle manque totalement.

TYPE III_0 : Nous trouvons des feldspaths du type orthose et du type oligoclase réunis; les quantités sont plus faibles que pour le type I_0. Les micas présents sont du genre muscovite. Les fractions légères contiennent des grains de chalcédoine.

L'examen minéralogique permet de conclure :

1) D'après les analyses de fer libre et la composition minéralogique, les sols des types II paraissent les moins évolués : les sols du type III_0 sont plus âgés que les sols du type I_0.

2) La réserve minérale la plus intéressante se rencontre dans le type II_2 (présence de morceaux de roche en voie de décomposition).

3) Quant à la réserve des types I et III, nous pouvons considérer que quantitativement le type I contient plus de feldspaths que le type III_0; toutefois, l'espèce dominante dans le type I_0 est le feldspath sodique-calcique, tandis que le type III_0 contient des feldspaths potassiques.

CONCLUSIONS GENERALES

Le but de la présente note était de tester la formule que deux d'entre nous (1) avaient établie comme nouvelle méthode de classification des terres, en l'appliquant à une surface étendue, comprenant des types de sols nombreux et variés.

De l'étude présente, il ressort :

a) que la formule est générale, dans ce sens que des types bien caractéristiques sont définis par une droite :

$$So = K + k T$$

ou plus exactement par les paramètres directeurs K et k de cette droite.

b) que les types ainsi définis en fonction de leur paramètre k peuvent être groupés en faisceaux. Ces derniers correspondaient à des sols de même origine, de même parenté mais de caractéristiques morphologiques différentes. En quelque sorte, pour ce qui est des termes supérieurs de l'association (catena) ou complexe, le faisceau définirait très bien l'association géographique employée par le prospecteur. Nous avons de cette façon trouvé une concordance très satisfaisante avec la carte provisoire établie sur le terrain.

La seule différence notable est que nous devons maintenant créer avec les sols rouges Lubishi III_0 et leurs associés III_1 et IV_{II} (faisceau III) une nouvelle association distincte des sols rouges de Kaniama (faisceau I). Un examen minéralogique nous a apporté d'autres confirmations et nous a permis de distinguer le degré d'évolution des différents types. Les sols les plus jeunes sont les sols jaunes granitiques (faisceau II). Les plus vieux seraient les sols du faisceau III rouge Lubishi; les sols rouges de Kaniama (faisceau I) étant d'âge intermédiaire.

Nous pensons donc que la méthode proposée peut fournir des renseignements précieux à la pédologie cartographique, en permettant de regrouper les sols d'origine identique et de vérifier les associations ou complexes. De plus, les droites nous permettent de caractériser analytiquement les types de sols distincts (termes d'une même association). Les quelques écarts qui peuvent être constatés entre les résultats que la méthode fournit et les observations faites sur le champ par le prospecteur, sont imputables aux causes diverses et accidentelles qui font que tout phénomène vivant — et le sol en est un — obéit à une loi statistique représentable par une équation, mais non par une identité.

BIBLIOGRAPHIE

1. J. D'Hoore et J. J. Fripiat. — *Recherches sur les variations de structure du sol à Yangambi, Congo belge.* A paraître dans la Série scientifique des publications de l'I.N.E.A.C.
2. A. Focan et W. Mullenders. — *Notice préliminaire pour la carte pédologique et phytosociologique de la région de Kaniama.* A paraître.
3. A. Focan et W. Mullenders. — *Communication préliminaire sur un essai de cartographie pédo-botanique dans le Haut-Lomami,* présentée à ce congrès.
4. D'Hoore. — *Les composés du fer dans le sol,* présenté à ce congrès.

COMMUNICATION N° 154.

Etude Pédo-Botanique et propositions d'aménagement agricole et forestier des savanes dégradées de la région nord de Matadi

par

J. BRYNAERT,
Ingénieur Agronome Colonial Lv.
Directeur de la Station
de l'Inéac de Gimbi
(Bas-Congo)

L. TOUSSAINT
Ingénieur Agronome Colonial Gx.
Licencié en Sc. Bot. U. L. B.
Assistant à la Station Forestière
de Luki.

SOMMAIRE

I. — INTRODUCTION

Quoique averti des erreurs auxquelles peut le conduire l'appréciation superficielle de la composition de la flore naturelle, le prospecteur de terrains agricoles sera toujours tenté d'établir une relation de cause à effet entre le sol et sa couverture végétale et d'en déduire des indices de fertilité; d'autant plus involontairement que la végétation est plus luxuriante et synonyme, devrait-il sembler assez logiquement, de fertilité.

L'examen de la morphologie d'un profil en place modifiera souvent l'opinion que l'on s'était faite, quelque peu prématurément, sur la valeur des propriétés pédologiques du terrain considéré.

Si maintenant, à l'interprétation des caractères essentiels des sols qu'il convoite — interprétation qui suppose chez lui une expérience qu'il ne possède généralement pas lorsqu'il devrait s'en réclamer — le prospecteur se trouvait, en outre, autorisé à se référer à l'existence de corrélation entre les propriétés physiques des sols et leur composition floristique, il y puiserait une garantie supplémentaire de succès dans son entreprise.

Ces relations sont actuellement encore peu connues, l'écologie et la phytosociologie, sciences appliquées desquelles ces observations relèvent, étant d'introduction relativement récente aux Colonies.

VAGELER admet (Vageler, P., 1938, p. 217) que sur des territoires restreints, soumis à des conditions climatiques uniformes, il existe non seulement des espèces mais également des associations végétales caractéristiques d'une texture argileuse ou sableuse, d'une bonne ou mauvaise économie en air ou en eau.

Il convient de ne pas perdre de vue que les relations probables ainsi établies entre les propriétés physiques d'un sol et la composition, la densité de sa flore spontanée, l'allure de son système radiculaire, n'ont qu'une valeur locale et que la généralisation de pareilles observations est une autre grave erreur à éviter.

Dans les notes qui suivent, nous nous sommes proposé de rechercher l'existence de relations semblables pour les savanes de plateaux de la Station Expérimentale de l'Inéac de Gimbi.

II. — ETUDE DES FACTEURS DU MILIEU

a) Facteurs géographiques et topographiques :

La région considérée s'étend sur la rive droite du Fleuve Congo, au nord de Matadi.

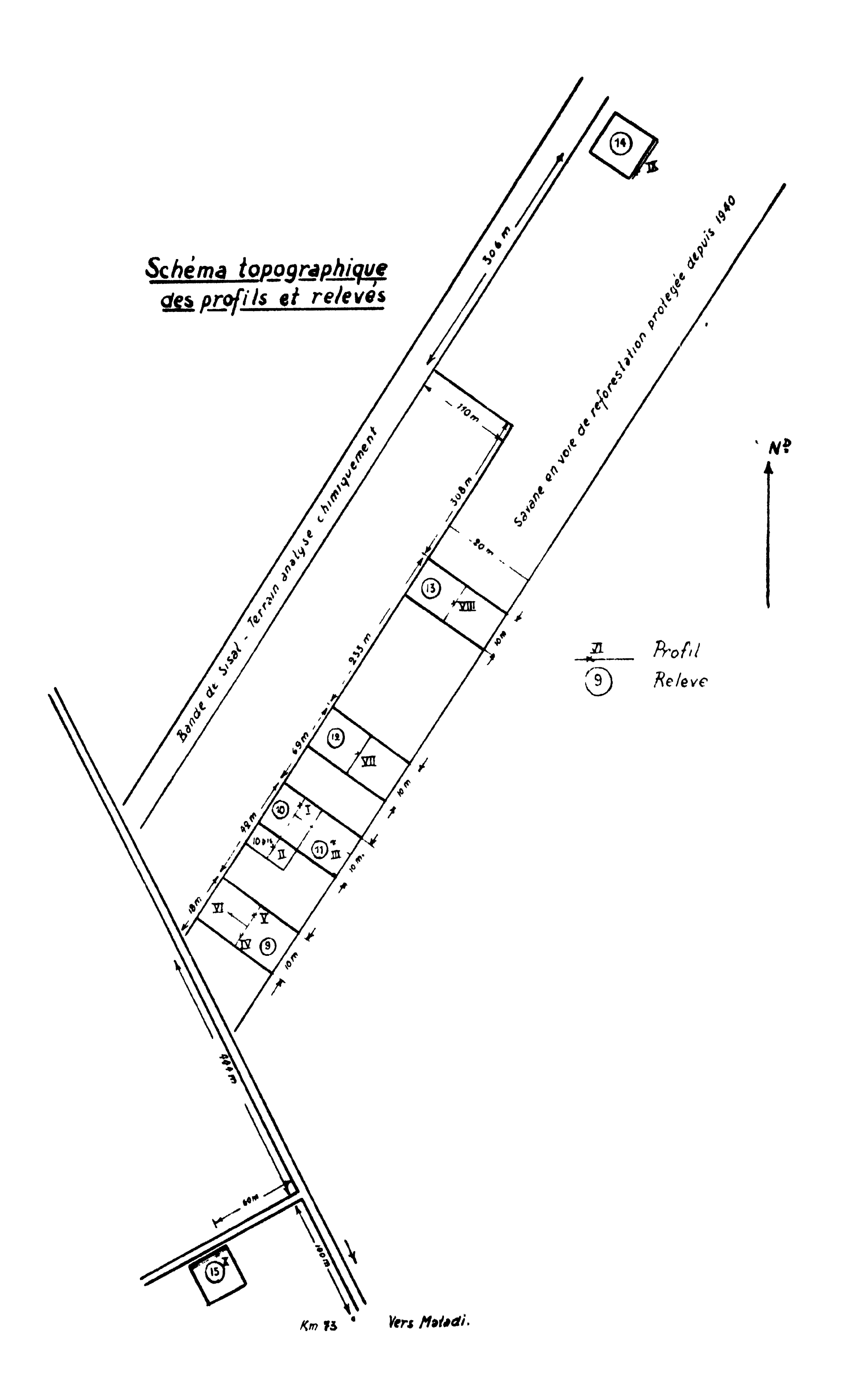
Elle est constituée par une série de hauts plateaux à faible relief, atteignant des altitudes moyennes de 400 m., séparés par des vallées profondes et accidentées, à cours d'eau de régime torrentiel, saisonnier.

b) Facteurs climatiques et végétation :

Le climat de la région présente les avantages et les inconvénients résultant de la proximité de l'Océan.

Les vents humides de l'Ouest n'amènent que des brouillards secs ou humides, très denses (174 jours de brouillard par an, moyenne calculée sur 8 années d'observations).

Ceux-ci sont à l'origine d'abondantes précipitations occultes dont l'influence sur l'allure de la végétation n'est pas négligeable. A des périodes d'extrême sécheresse, s'étendant de la mi-mai à la mi-octobre, auxquelles il faut ajouter les « petites saisons sèches » d'une durée approximative d'un mois en janvier-février, succèdent les saisons des pluies, caractérisées par une précipitation totale d'importance très variable (de 880 m/m. en 1940 à 1.681 m/m. en 1945 avec une


Schéma topographique
des profils et relevés
306 m
110 m
308 m
80 m
233 m
69 m
49 m
18 m
10 m
Bande de Sisal - Terrain analyse chimiquement
Savane en voie de reforestation protegée depuis 1940
N
Profil
Releve
Km 73
Vers Matadi.

moyenne annuelle de 1.090 m/m. calculée sur huit années d'observations).

Il nous paraît intéressant d'inclure ici certaines conclusions concernant la pluviosité à Matadi, émises, après 13 années d'observations météorologiques, par le Docteur Schlesser, Médecin hygiéniste :

Groupant les éléments suivant la véritable année pluviométrique qui débute en juin et se termine à la fin mai suivant, le Docteur Schlesser constate qu'« il saute aux yeux que le régime des pluies à Matadi est soumis à des lois très précises qui se manifestent par une série de cycles d'une durée de 6 ans, se répétant avec une régularité presque mathématique : chaque cycle se compose d'une période ascendante de 4 ans suivie d'une période descendante de 2 ans ».

Superposant les observations de Gimbi à celles de Matadi, nous remarquons que, pour les 8 années d'observations, nos diagrammes suivent exactement les courbes établies pour Matadi.

Les variations annuelles moyennes de température, peu importantes, sont attribuables à la forte nébulosité et à l'alternance des saisons sèches et humides.

La végétation herbeuse domine partout sur les lignes de crête : savanes steppiques sur les collines rocailleuses en bordure du Fleuve, arbustives vers le nord.

Les cours d'eau alimentent l'existence de galeries forestières de largeur très variable.

Le taux forestier de la région va en s'accroissant rapidement en direction nord-ouest pour former l'épaisse forêt du Mayumbe.

L'extension donnée aux cultures vivrières indigènes et au commerce du bois de chauffage, activités qui doivent subvenir aux besoins toujours plus impérieux de grands centres tels que Matadi comptant 500 Européens et 20,000 indigènes, ainsi que les feux de brousse, qui ravagent annuellement les savanes incultes et les jachères écourtées, modifient rapidement l'aspect floristique de ce territoire dans le sens d'une déchéance toujours plus grande de son manteau ligneux.

L'équilibre qui existait entre le sol et sa couverture végétale est rompu en faveur des forces de destruction, l'illusion de la fertilité s'évanouit, la productivité diminue.

Les graminées pyrophiles se multiplient, la dégradation du sol s'accentue, la voie est ouverte aux agents d'érosion.

Cependant, des facteurs écologiques favorables font bénéficier ces savanes guinéennes d'une vocation forestière qui ne demande qu'à s'extérioriser. Soustraites à l'action ruineuse des incendies périodiques, elles se recolonisent avec une rapidité étonnante, qu'aucun reboisement artificiel ne peut égaler ni en densité ni en variété.

Les résultats obtenus à la Station de Gimbi par huit années de simple mise en défense des savanes contre les feux de brousse, sont des plus significatifs à cet égard et justifient l'intervention énergique

d'une politique de revalorisation de cette région apparemment déshéritée par la nature, et qui n'est en réalité que condamnée par l'action inconsciente et imprévoyante de l'homme.

c) Facteurs géologiques :

Les sols de la région nord de Matadi dérivent d'un important massif d'épidotite et de roches vertes diverses, d'origine intrusive et sédimentaire.

Ce massif a donné naissance à deux types de sols qui alternent en bandes rouges et jaunes très caractéristiquement différenciées.

d) Facteurs pédologiques :

La prospection pédologique de la région nord de Matadi, réalisée à grande échelle, met en évidence l'importance considérable qu'il faut attacher à l'étude attentive de ces terrains. préalablement à toute mise en valeur agricole.

L'examen d'un grand nombre de trous de profilage a révélé l'existence d'une défectuosité physique des terres se traduisant par la formation, en profondeur, d'une « zone d'étranglement » physique pour les racines.

La lixiviation progressive des sels de fer et d'alumine contenus dans les couches superficielles, a donné naissance à la formation d'un horizon argileux durci, plus ou moins imperméable.

L'apparente bonne structure grumeleuse, jusqu'à grande profondeur, est trompeuse et due à l'abondance de fer dans ces sols.

Notablement appauvri en éléments biogènes, le profil se caractérise en outre par une économie défavorable de l'eau.

La faible épaisseur du sol agricole, sa pauvreté, sa mauvaise structure et sa séparation d'avec son sous-sol, contrarient le développement radiculaire des plants.

En terrain ameubli, la rhizosphère est limitée à la zone d'intervention, l'enracinement s'arrête au niveau de l'obstacle (culture en pots).

Ce fait se vérifie pour les différentes plantes cultivées à la Station de Gimbi parmi lesquelles nous citerons les Agaves, les Hevea, les Aleurites, les Tecks, Flemingia sp.

L'ameublissement de la couche arable semble, en outre, accentuer l'action néfaste du socle et favoriser sa reformation très rapide.

L'analyse chimique des terrains d'une bande de savane contiguë à celle dans laquelle se sont poursuivies nos observations actuelles, donne lieu aux chiffres et remarques suivants (Bulletins d'analyses Livens (1947) :

1 — La texture de ces sols est très uniforme et très argileuse

2 — Du point de vue chimique, il ne semble pas qu'il y ait une différence systématique entre bons et mauvais endroits.

Profils et relevés sociologiques correspondants	Profondeur en cm.	Particules de 0 à 0,002 m/m	Porosité	pH	e	P^2O^5 H^2SO^4 mg/100 gr	B E. HCl M.E./100 gr	R^2O^3 HCl M.E./100 gr
I (RST 10 — Hyparrhenia)	0 — 10	—	50 à 54	4,5 à 4,7	1,7 à 1,9	2,2 à 4,2	3,4 à 3,7	8,1 à 10,1
II (RST 10bis — Andropogon)	10 — 30	92		4,5 a 4,6	1,1 à 1,3	1,2 à 1,7	3,5 à 3,7	6,4 à 8,4
	30 — 50	93	52	4,5 à 4,7	0,6 à 1,3	0,9 à 1,6	3,5 à 3,8	5,1 à 8,4
	50 — 75	94	55,5	4,7 à 4,8	0,4 à 0,6	1,5 à 2,2	3,8 à 4,1	3,8 à 5,4
IV-V-VI (RST 9 — Reboisé)	0 — 0,15	—	—	4,3 à 4,7	1,2 à 1,8	1,1 à 3,7	3,3 à 3,5	9,3 à 9,9
	0,15—0,3/0,4	81,1 à 84,9	—	4,3 à 4,5	1,0 à 1,3	1,4 à 1,9	3,2 à 3,3	8,3 à 9,7
	0,3/0,4—0,55	84,7 à 85,9	52,9	4,5	0,6 à 0,8	1,5 à 2,3	3,5	5,3 à 6,2
	0,55 — 0,75	76,8	—	4,4 à 5,1	0,4 à 0,6	1,2 à 4,9	3,7 à 3,8	4,1 à 12,7
VII (RST 12 — Hyp. - Pteris)	0 — 0,10	—	52,5 à 55	4,3 à 5,1	1,9 à 2,1	4,7 à 7,2	3,3 à 4,3	7,6 à 8,8
VIII (RST 13 — Pteris-Hyp)	0,1—0,2/0,3	90 — 91	53,3	4,2 à 4,8	1,2 à 1,4	1,8 à 2,5	3,0 à 4,3	7,0 à 12,2
	0,2/0,3—0,4	90 — 91	55,8	4,2 à 4,6	0,8 à 1,3	1,1 à 1,8	3,2 à 4,0	5,5 à 6,3
	0,4 — 0,75	92 — 93	60	4,3 à 4,7	0,4 à 0,6	1,4 à 2,8	3,7 à 4,4	3,6 à 4,5
IX (RST 15 — Melinis)	—	—	—	—	—	—	—	—
X (RST 14 — Dichrostachys)	0 — 0,10	—	50,5 — 54,7	4,1 à 4,3	1,1 à 2,1	0,8 à 2,5	3,1 à 3,5	6,2 à 7,8
	0,1—0,3/0,4	89	53,7	4,2	1,3	0,9	3,3	5,4
	03/04—05/06	92	53,7 — 55,5	4,1 à 4,5	0,6 à 0,7	0,6 à 0,8	3,4 à 3,7	4,3 à 6,6
	0,5/0,6—1,50	91 — 92	55,5 — 56,4	4,5 à 4,8	0,4	0,7 à 1,0	3,7 à 4,0	4,5 à 5,2

3 — La teneur en sexquioxydes est sensiblement plus forte en surface dans certains profils.

4 — L'absence ou la rareté des mottes semble indiquer une macrostructure très labile des sols de Gimbi et cela malgré leur forte teneur en calloïdes.

En résumé, la valeur agricole de ces terrains semble conditionnée principalement par ses propriétés physiques et la brutalité d'évolution du profil n'est freinée que par la reforestation des savanes.

III. — RELEVES SOCIOLOGIQUES

a) Physionomie des savanes de la région :

Les savanes de la région sont principalement du type arbustif. Composées d'une strate herbacée continue, à *Andropogon* et *Hyparrhenia* divers — dont l'élément dominant est cependant *Hyparrhenia diplandra* (HACK) STAPF — elles sont piquées çà et là des arbustes caractéristiques des savanes guinéennes :

Hymenocardia acida TUL. *Bridelia* sp., *Antidesma* sp. *Anona arenaria* THOMN, *Maprounea africana* MUELL et ARG., *Sarcocephalus esculentus* AFZEL, *Psorospermum febrifugum* SPACH, *Grossodteryx febrifuga* (Afzel) BENTH., *Syzigium guineensis* sp., *Peucedanum* sp., etc.

Il est vraisemblable qu'une étude phytosociologique approfondie en dégagera diverses associations qu'une vue d'ensemble ne peut dissocier et dont notre travail n'est pas le but.

Ces savanes brûlent régulièrement en fin de saison sèche, l'indigène y mettant le feu, le plus souvent volontairement, dans un but cultural ou pour en déloger le gibier.

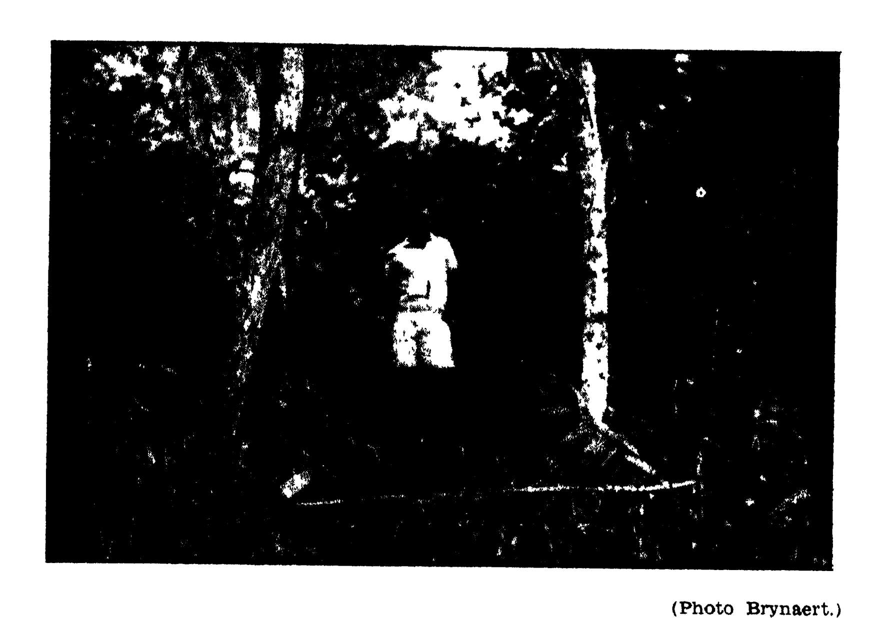
Ainsi incinéré périodiquement, ce type de végétation réalise un climax du feu ou fire-climax des auteurs anglais, qui ne souffre nullement de l'incinération pour autant que celle-ci ne se répète au cours d'une même saison à des intervalles trop rapprochés. Il semble au contraire que la strate arbustive ait besoin de cette excitation du feu pour se maintenir. Il nous est arrivé fréquemment de constater dans des savanes protégées une diminution de vitalité de la strate arbustive.

L'incinération répétée au cours d'une même saison doit conduire, nous semble-t-il, à une savane herbeuse du type de celle que l'on rencontre lorsqu'on se rapproche de la région de Matadi.

Il est évident que la coupe de la strate arbustive telle qu'elle se pratique actuellement, pour approvisionner le centre de Matadi en bois de chauffage, vient effectivement aider l'action du feu.

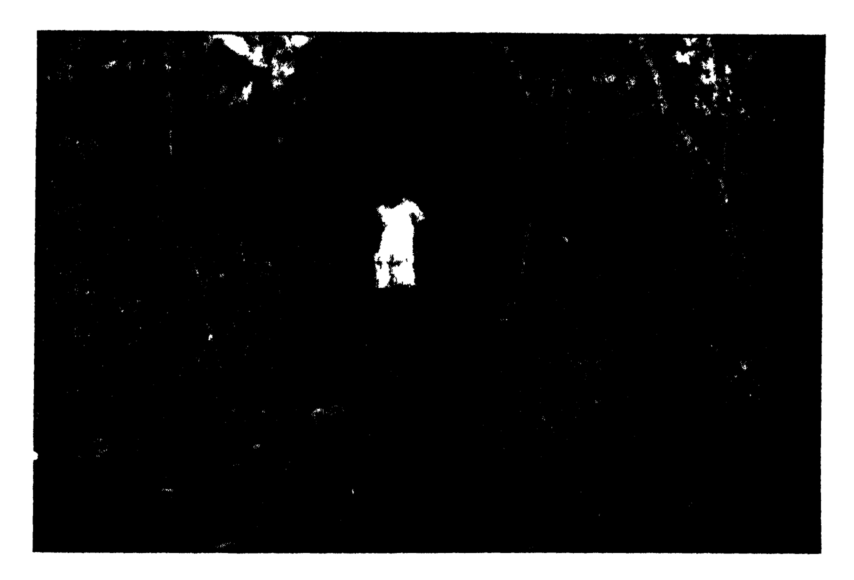
b) Relevés de la végétation :

Les relevés ont été effectués dans une savane du type décrit précédemment mise en défens depuis 8 ans.



(Photo Brynaert.)

Plage à *Hyparrhenia diplandra* (HACK) STAPF. — R. S. T. 10. — Profil I-II.
Savane protégée depuis 1940.



(Photo Brynaert.)

Idem.
Strate herbacée d'*Afromomum*. — R. S. T. 11. — Profil III.
Savane protégée depuis 1940.



(Photo Brynaert.)

Plage à *Melinis minutiflora* P. BEAUVERIE. — R. S. T 15 — Profil IX.
Savane protégée depuis 1940.



(Photo Brynaert.)

La facilité spectaculaire avec laquelle le reboisement s'opère spontanément, prouve la vocation forestière de ces savanes guinéennes.
Savane protégée depuis 1940.

Nous tenons à préciser qu'il s'agit plutôt d'inventaires floristiques que de relevés phytosociologiques proprement dits. Ceci pour deux raisons, d'une part nous ne connaissons pas les aires minima à donner aux associations, d'autre part étant donné l'hétérogénéité de reforestation nous avons préféré nous en tenir à de petites parcelles bien homogènes. Pour la commodité du travail, nous avons cependant fait appel à certains caractères analytiques employés en phytosociologie par l'Ecole Zurich, Montpellier, parmi lesquels :

La stratification. Nos relevés ont été stratifiés, pour chaque strate nous avons évalué la hauteur moyenne des sujets qui la composent et son degré de recouvrement total exprimé en « pour-cent ». Faisant suite à ces données, nous avons inventorié les diverses espèces. Celles-ci ont été déterminées spécifiquement lorsque la détermination en a été possible; dans le cas contraire, le nom générique ou de famille est suivi d'un numéro de référence d'herbier.

Par exemple, *Cissus* sp. 531 signifie que cette *Ampelidaceae* a été assimilée au n° 531 de l'herbier Toussaint dont les spécimens sont régulièrement expédiés au Jardin Botanique de Bruxelles et à Yangambi aux fins de détermination.

L'abondance — dominance et sociabilité :

En regard du nom et de la référence d'herbier figurent les coefficients d'abondance — dominance et de sociabilité dans la colonne du relevé en vue.

Le premier de ces coefficients est une estimation globale, du nombre d'individus et du recouvrement de chaque espèce comportant 6 degrés (+,1,2,3,4,5 + étant l'échelon inférieur et 5 le supérieur).

Le second coefficient exprime la manière dont les individus d'une même espèce sont disposés les uns par rapport aux autres et ceci au moyen d'une échelle numérique variant de 1 à 5 d'après le mode et le degré de rapprochement.

La vitalité :

Au cours d'une série progressive telle celle de la savane évoluant vers la forêt, les espèces de savane traversent des périodes de végétation de plus en plus critiques jusqu'à extinction.

Cette diminution de vitalité est exprimée par l'indice 0 accolé au coefficient de sociabilité.

Dans les tableaux suivants, les relevés effectués dans une même bande de savane ont été classés par ordre d'intensité de reboisement.

Dans les deux premiers R.S.T.9 et 11, nous avons distingué une strate herbacée humifuse qui n'existe pas dans les suivants, pour lesquels les plantules et les quelques rares plantes herbacées de petite taille ont été relevées dans la strate herbacée; ils se classent donc de la manière suivante :

R. S. T. 9. — Taillis de *Macaranga spinosa* MUELL. ARG. dominant un étage à *Harungana* et *Alchornea.*

Strate herbacée dépérissante, associée à de jeunes brins forestiers.

R. S. T. 11. — Formation analogue à la précédente, mais caractérisée par une strate herbacée d'*Aframomum*.

R. S. T. 10. — Savane à *Bridelia* sp., *Anona arenaria* TOMN. dominant une strate herbacée à *Hyparrhenia diplandra* (Hack) STAPF et *Melinis minutiflora* P. BEAUV.

R. S. T. 10 bis. — Petite parcelle analogue à la précédente, mais remarquable par la densité d'*Andropogon gabonensis* STAPF.

R. S. T. 12. — Savane à *Bridelia* sp., *Anona arenaria* TOMN. *Hyparrhenia diplandra* (Hack) STAPF auquel sont mêlés quelques *Pteris aquilinum* var. *lanuginosum*.

R. S. T. 13. — Formation analogue à la précédente mais à dominance, dans la strate herbacée, de *Pteris aquilinum* var. *lanuginosum*.

R. S. T. 14. — Savane à *Dicrostachys glomerata* (Forsk) CHIOV. *Bridelia* sp. *Anona arenaria* TOMN. mais caractérisée par une flore graminéenne plus variée à *Andropogon schirensis* HOCHST., *Hyparrhenia familiaris* (Steud) STAPF, *Hyparrhenia* cf. *Welwitschii* (Rendle) STAPF.

R. S. T. 15. — Savane pauvre au point de vue floristique, la strate herbacée dense est composée presque exclusivement de *Melinis minutiflora* P. BEAUV. Cette formation caractéristique a été choisie en dehors de la bande de savane étudiée ainsi que l'indique le schéma annexé à cette note.

Tableau des relevés.

Numéro des relevés	9	11	10	10bis	12	13	14	15
Surface des relevés en m².	200	100	100	50	200	200	100	100
Strate arbustive supérieure :								
Hauteur en m.	7—12	5—7						
Recouvrement en %	80	90						
Albizzia sp. 446	2—1							
Macaranga spinosa MUELL ARG.	3—3	3—3						
Vernonia conferta BENTH.	2—1	2—1						
Harungana madagascariensis LAM.	mort	1—1						
Alchornea cordifolia MUELL. ARG.		+—1						
Macaranga sp. 537		+—1						
Clerodendron sp. 447	+—1							
Strate arbustive :								
Hauteur en m.	3—5	3—4	3—5	5	3—4	3—5	3,5	3
Recouvrement en %.	50	25	15	20	30	40	40	10
Macaranga spinosa MUELL. ARG.	2—1	+—1			+—1	2—1		
Alchornea cordifolia MUELL. ARG.	3—1	3—1	+—1	+—1		+—1		
Tetrorchidium didymostemon (Baill.) P. et K.	1—1							
Allophylus africanus P. BEAUV.	1—1	1—1						
Albizzia sp. 446.	+—1							
Macaranga sp. 537	+—1					+—1		
Macaranga sp. 449	+—1							
Millettia cf. *Duchesnii* DE WILD.	1—1				+—1	+—1		
Cissus sp. 531	+—1							

Numéro des relevés.	9	11	10	10bis	12	13	14	15
Sabicea sp. 110	1—1					+—1		
Rubiaceae 442	1—1							
Cissampelos owariensis P. BEAUV.	+—1							
Antidesma sp. 464	+—1	+—1		+—1		+—1		
Byrsocarpus sp. 445	1—1							
Tricalysia sp. 78	1—1							
Bridelia sp. 486	+—1^{0}	+—1^{0}	+—1	+—1	1—1	1—1	1—1	+—1
Hymenocardia acida TUL	mort							
Leg. Papilionaceae 443	+—1							
Lygodium scandens L.	+—1							
Antidesma sp 469		+—1			+—1	+—1		+—1
Trema guineensis FICALHO		+—1						
Grumilea sp. 495		+—1						
Xylopia aethiopica (Dun) A. RICH	+—1	+—1						
Maprounea africana MUELL. ARG		mort	+—1^{0}				+—1	
Smilax Kraussiana MEISN	+—1	+—1						
Vernonia conferta BENTH		+—1						
Anona arenaria THOM.			+—1		1—1	1—1	1—1	+—1
Psorospermum febrifugum SPACH							+—1	+—1
Dichrostachys glomerata (Forsk) CHIOV.						+—1	+—1	mort
Millettia versicolor WELW								+—1^{0}
Clerodendron splendens G. DON	+—1							
Discoglydremna caloneura PRAIN	+—1							
Loranthus sp 448						+—1		
Rubiaceae 455	+—1							
Apocynaceae 2325								+—1
Harungana madagascariensis LAM					1—1	+—1^{0}	+—1	
Dalechampia 454			+—1		+—1	+—1	+—1	
Dioscorea sp 547	+—1							
Xylopia sp 2395	+—1							
Strate herbacée :								
Hauteur en m.	1,5	2	2	3	2	2—2,5	2	1,5
Recouvrement en %	40	90	100	100	100	100	100	100
Aframomum sp 174	+—1^{0}	5—5						
Hyparrhenia diplandra (Hack) STAPF	+—1^{0}	+—2	4—4	+—1^{0}	4—4	3—3	1—1	+—1
Tetrorchidium cf. *didymostemon* (Baill.) P. et K.	1—1				+—1			
Tricalysia 78	1—1	1—1		+—1				
Agelea cf. *Dewevrei* DE WILD. 490	1—1	1—1		+—1		+—1		
Fagara cf. *macrophylla* ENGL	+—1	+—1		+—1	+—1	+—1		
Allophylus africanus P. BEAUV	1—1	+—1	+—1	+—1		+—1	+—1	
Solanum 509	+—1^{0}				+—1			
Rubiaceae 455	+—1	+—1			+—1			
Rubiaceae 510	+—1							
Rubiaceae 491	+—1	+—1						
Rubiaceae 442	1—1	+—1				+—1		
Rynchosia sp. 471	+—1	+—1	+—1		+—1	+—1		
Grumilea sp. 495	+—1				+—1	+—1		
Pteris aquilinum var. *laniginosum.*	+—1^{0}	+—1^{0}	+—2	+—1^{0}	1—1	4—4		
Antidesma 464	+—1		+—1			+—1	+—1	
Urticaceae 314	+—1							
Asclepiadaceae 145	+—1^{0}	+—1^{0}						
Millettia versicolor WELW.	+—1	+—1^{0}	+—1	+—1				
Tricalysia sp. 458	+—1	+—1		+—1		+—1		
Andropogon gabonensis STAPF 432	+—1^{0}	+—1^{0}	+—1	5—3				
Mikania scandens WILD.	+—1	+—1	+—1		+—1	+—1	+—1	+—1
Vernonia conferta BENTH.	1—1	+—1	2—1	1—1		+—1		
Tetracera sp. 412	+—1	+—1			+—1	+—1	+—1	
Macaranga spinosa MUELL. ARG.	1—1	+—1	1—1	1—1	1—1	1—1	+—1	
Millettia cf. *Duchesnii* DE WILD. 421	1—1	1—1	1—1	+—1	1—1			+—1
Schizachyrium cf. *platyphyllum* STAPF 417	+—1	+—1	+—1	+—1	1—1	1—1	1—1	+—1

Numéro des relevés.	9	11	10	10bis	12	13	14	15
Antiaris Welwitschii ENGL.	+—1		+—1			+—1		
Melinis minutiflora P. BEAUV.	+—1°	+—1°	3—3	+—1	1—1	1—1		5—5
Compositae 431	+—1°				+—1			+—1
Discoglypremna caloneura PRAIN	+—1							
Leg. - Papilionaceae 443	+—1	+—1	+—1	+—1	+—1	+—1		
Desmodium sp. 562			+—1		+—1	+—1	+—1	
Cissampelos owariensis P. BEAUV.	+—1	+—1	+—1		+—1			
Asparagus africanus LAM.		+—1°	+—1	+—1°	+—1	+—1		+—1
Sabicea sp. 110	1—1	1—1	1—1	+—1	+—1	+—1	+—1	+—1
Byrsocarpus sp. 445	+—1	+—1	+—1		+—1	+—1		
Macaranga sp. 537	1—1				+—1	+—1		
Macaranga sp. 572	+—1							
Smilax Kraussiana MEISN 80	1—1	1—1	+—1	+—1				
Vitex Madiensis			+—1	+—1	+—1			
Anona arenaria THOM.			+—1	+—1			+—1	
Dissotis sp. 553		+—1			+—1	+—1		+—1
Panicum maximum JACQ.		+—1°	+—1		+—1	+—1	+—1	
Harungana madagascariensis LAM.	+—1	+—1	+—1		+—1	+—1	+—1	
Compositae 429			+—1		+—1			
Cucurbitaceae 444	+—1	+—1	+—1					
Xylopia aethiopica (Dum) A. RICH	1—1	1—1	+—1	+—1	+—1	+—1		
Dalbergia sp. 420		+—1				+—1		
Apocynaceae 498	+—1							
Compositae 502								+—1
Urticaceae 415	+—1							
Pupalia lappacea JUSS.						+—1	+—1	+—1
Clerodendron splendens DON.	+—1	+—1	+—1		+—1	+—1		
Hippocratea sp. 465	+—1				+—1			
Holarrhena Wulfbergii STAPF	+—1					+—1		
Cissus sp. 531	+—1			+—1	+—1	+—1		
Apocynaceae 484	+—1							
Urena lobata L.	+—1							
Sida cordifolia L.	+—1							
Dalechampia sp. 454	+—1	+—1	+—1		1—1			
Clerodendron sp. 462		+—1						
Apocynaceae 2325		+—1	+—1		+—1	+—1	+—1	
Trema guineensis FICALHO		+—1				+—1		
Diodia sp. 500		+—1						
Alchornea cordifolia MUELL. ARG.			+—1	+—1	+—1	+—1	+—1	
Albizzia sp. 446			+—1	+—1		+—1		
Chlorophora excelsa BENTH.					+—1			
Leg - Papilionaceae cf. *Leptoderris* 559						+—1		
Maprounea africana MUELL. ARG.						+—1	+—1	
Psorospermum febrifugum SPACH						+—1		
Lea guineensis DON.						+—1		
Terminalia superba ENGL. et DIELS.						+—1	+—1	
Hyparrhenia familiaris (Steud) STAPF 438							+—1	
Hyparrhenia cf. *Welwitschii* (Rendle) STAPF 513							1—1	
Andropogon schirensis HOCHST							3—3	
Eriosema sp. 485						+—1	+—1	
Camoensia maxima WELW.							+—1	
Strate herbacée humifuse :								
Hauteur en m.	0,3	0 3						
Recouvrement en %.	20	10						
Desmodium sp. 555	1—2	+—2						
Panicum brevifolium L.	1—2	+—1°						
Aneilema sp. 160	+—1°	+—1°						
Apocynaceae 573	+—1							
Xylopia sp. 395	+—1							
Xylopia sp. 2395	+—1							
Geophila sp. 571	1—1	+—1°						

	9	11	10	10bis	12	13	14	15
Baissea sp. 217	+—1							
Macaranga spinosa MUELL. ARG.	+—1	+—1						
Pupalia lappaceae JUSS.	1—1							
Meliaceae cf. *Trichilia* sp.	+—1							
Albizzia sp. 446	1—1	1—1						
Psorospermum febrifugum SPACH	+—1	+—1						
Oplismenus birtellus (L.) BEAUV.		1—1						
Dalechampia sp. 454		+—1						
Vernonia conferte BENTH	+—1	1—1						
Cissus sp. 531		+—1						
Turrea sp. 546		+—1						
Tricalysia sp. 78	+—1	+—1						
Macaranga sp. 537		+—1						
Xylopia aethiopica (Dum) A. RICH.	+—1	+—1						
Agelea cf. *Dewevrei* DE WILD	+—1	+—1						
Desmodium sp. 562		+—10						
Fagara cf. *macrophylla* ENGL	+—1	+—1						

IV. — OBSERVATIONS SUR LES PROFILS EN PLACE

Dans la description des profils que nous donnons ci-dessous, nous nous contenterons, pour limiter une énumération fastidieuse de caractéristiques semblables, d'insister uniquement sur les facteurs pédologiques accusant une modification sensible du profil initial.

I — A) de 0 m. à 0,30/0,32 m. R. S. T. 10 (*Hyparrhenia-Pteris*) : mince zone d'infiltration humique très irrégulière, très tassée, sèche vers le bas de cette zone, structure anguleuse, et abondantes formations dégradées (brique, agrégats pierreux quartzeux, agrégats terreux, durs à arêtes tranchantes), racines rares.

B) de 0,30/0,32 m. à 0,45/0,60 m. : induration marquée : socle — état sec — les éléments dégradés abondent, en outre, présence de nodules limonitiques dans argile rouge poussiéreuse, sans structure, enracinements rares.

C) de 0,45/0,60 m. à 1 m. : état frais — argileux rouge à structure compacte ou farineuse labile; enracinements rares.

II. — A) de 0 m. à 0,30/0,35 m. R. S. T. 10 bis (*Andropogon*) : structure grumeleuse tassée à infiltration humique irrégulière — assez frais.

B) de 0,30/0,35 m. à 0,60/0,80 m. : assez frais — argileux rouge. Structure variable : grumeleuse compacte à cristalline par la présence d'agrégats argileux à arêtes tranchantes — répartition régulière des racines.

C) 0,60/0,80 m. à 1 m. : structure farineuse, labile — argileux rouge, enracinements abondants.

III. — A) de 0 à 0,40/0,45 m. R. S. T. 11 (*Aframomum*) : couche humique noire, zone régulière d'infiltration — état frais — excellente structure grumeleuse — exploitation régulière par racines.

B) de 0,40/0,45 à 0 m. 70 : très frais — bonne structure grumeleuse assez compacte — agrégats argileux cristallins très rares — argileux rouge — racines nombreuses.

C) 0 m.70-1 m. : macrostructure farineuse dominante — état très frais — racines nombreuses.

IV. — A) 0 m. à 0,35/0 m. 40. R. S. T. 9 (reboisé) : couche humique d'infiltration régulière — assez fraîche — très bonne structure grumeleuse — quelques rares éléments dégradés.

B) 0,35/0,40 m.-0 m. 70 : argileux rouge compact, sec. Symptômes de dégradation assez nombreux mais disséminés — enracinement irrégulièrement réparti.

C) 0 m. 70-1 m. : frais — structure compacte ou farineuse, racines mal réparties.

V. — A) 0 m.-0,30/0,35 m. R. S. T 9 (reboisé) : assez sec — macrostructure compacte par l'abondance relative d'éléments dégradés durs — enracinements maigres.

B) 0,30/0,35 m. à 0,40/0,50 m. : induration marquée par l'abondance des éléments dégradés à macrostructure — état sec — répartition irrégulière des racines.

C) 0,40/0,50 m. à 0,60/0,70 m. : assez sec, moins dégradé — argileux rouge.

D) 0,60/0,70-1 m. : plus frais — structure garineuse — enracinements rares.

VI — R. S. T. 9 (reboisé) : très semblable à IV avec termitières en plus.

VII. — A) 0 m. à 0 m. 30. R. S. T. 12 (*Hyparrhenia-Pteris*) : argileux rouge très compact et sec, crevassé, cet horizon se durcit vers le bas où d'abondantes formations dégradées font leur apparition. L'enracinement est très irrégulièrement réparti.

B) 0 m. 30-0 m. 80 : durcissement et nombreux éléments dégradés : socle enracinements rares.

C) 0 m. 80-1 m. : argileux rouge fin à structure farineuse — horizon sujet à colmatage.

VIII. — A) 0 m. à 0 m. 30. R. S. T. 13 (*Pteris-Hyparrhenia*) : sec, crevassé, ocre jaune, structure compacte en surface, macrostructure et abondants éléments dégradés vers le bas — termitières très abondantes.

B) 0 m. 30 à 0,65/0,80 m. : sec — induration marquée : socle — argileux jaune, termitières très abondantes — enracinement maigre.

C) 0,65/0,80-1 m. : structure compacte, dure ou farineuse, labile — colmatage.

IX. — A) 0 m.-0 m. 30. R. S. T. 15 (*Melinis*) : horizon fortement dégradé à abondante grenaille limonitique — Termitières — argileux rouge.

B) 0 m. 30-0,75/0,80 m. : macrostructure par l'abondance de grosses concrétions limonitiques et d'autres éléments dégradés dans argile poussiéreuse — blocs et cuirasse latéritique à 0 m. 60.

C) 0,75/0,80-1 m. : cuirasse latéritique ou argile poussiéreuse à concrétions limonitiques — termitières.

X. — A) 0 m. à 0 m. 25. R. S. T. 14 (*Dichrostachys*) : zone d'infiltration humique peu différenciée — ocre brun — très sec et crevassé — induration marquée — grenaille limonitique — termitières abondantes.

B) 0 m. 25-0,45 : structure compacte — nombreux symptômes de dégradation physique; très sec — grenaille limonitique — racines bien réparties — argileux jaune.

C) 0,45 m.-0,70 m. : structure farineuse, labile ou campacte — jaune — racines bien réparties.

D) 0 m. 70-1 m : structure farineuse — labile — enracinements assez abondants.

V. — MESURE DE LA PERMEABILITE DES SOLS EN PLACE

Mode opératoire :

Des cylindres d'acier, biseautés à l'extrémité inférieure, d'une hauteur de 14 cm., d'un diamètre de 10 cm., sont enfoncée de moitié dans l'horizon du sol dont on cherche à déterminer la perméabilité.

Une quantité de 100 cc. d'eau est versée dans le cylindre et la durée d'infiltration est chronométrée.

L'opération est repétée un nombre suffisant de fois pour obtenir l'inflexion de la couche d'infiltration.

Epoque :

L'opération a été effectuée en fin de saison sèche 1948.

But de l'essai :

Mesurer la perméabilité relative des différents horizons pour éclairer la dynamique de l'eau du sol en place.

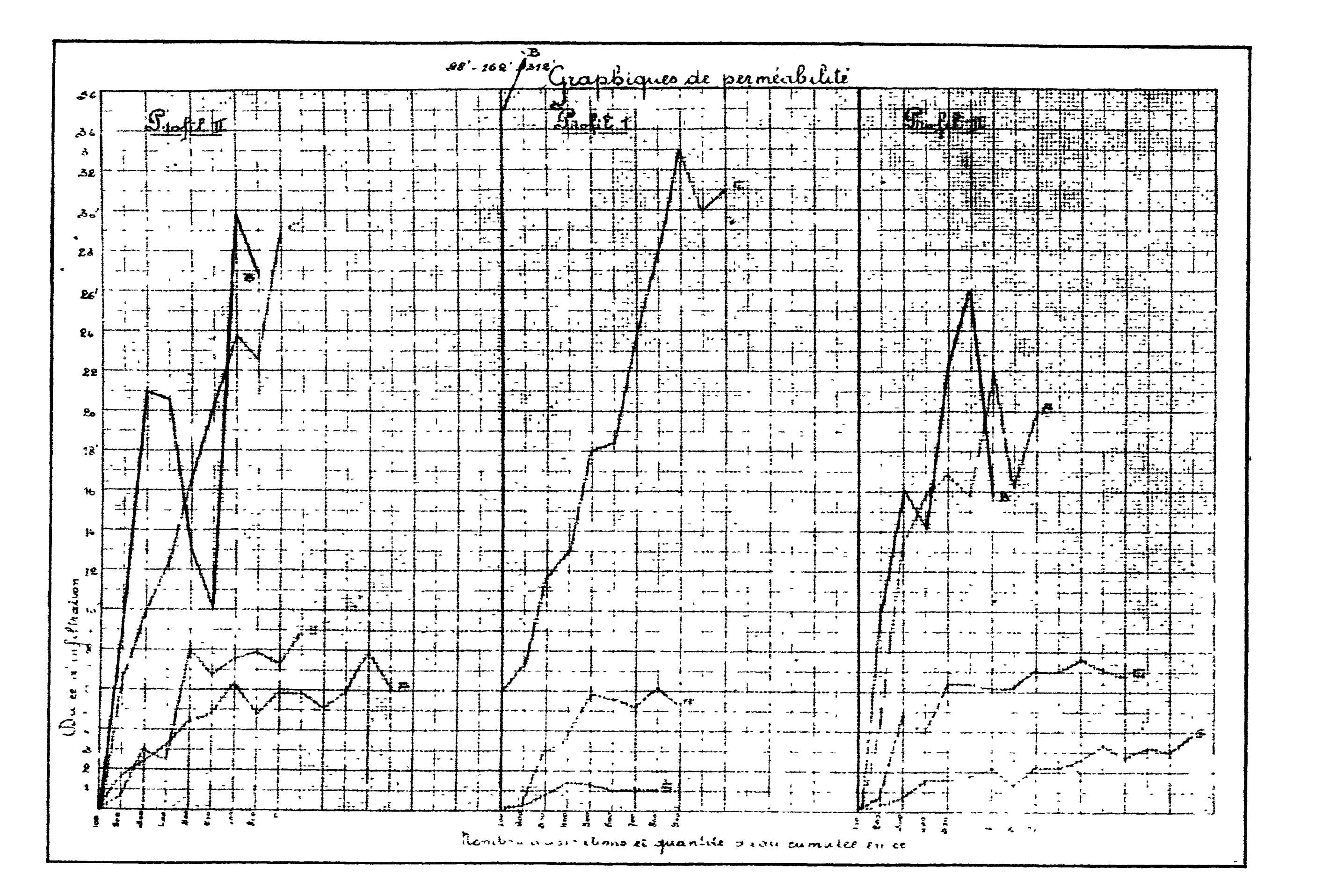
Les chiffres obtenus n'ont qu'une valeur comparative, le coefficient de perméabilite d'un sol en place étant pratiquement impossible à déterminer en valeur absolue.

Considérations générales sur la perméabilité des sols :

En concrétisant par un graphique la facilité relative d'infiltration de l'eau dans les différents horizons du profil il est possible d'apprécier l'importance des espaces lacunaires du sol et la nature de sa structure.

La porosité d'un sol varie dans de larges limites d'après sa teneur en colloïdes — argile et humus — l'état plus ou moins plastique, solide ou pulvérulent de ceux-ci et leur degré de tassement.

La présence dans le sous-sol d un horizon relativement imperméable pouvant donner naissance à la formation d'un niveau hydro-



Graphiques de perméabilité
Profil II
Profil I
Profil III
88' - 162' 312'
36
34
32
30'
28
26'
24
22
20
18'
16
14
12
10
8
2
1

statique permanent, apparaît directement à l'examen des courbes de perméabilité (voir graphique I, courbe B).

Normalement, cependant, la perméabilité décroît avec la profondeur. Mais l'économie de l'eau, qui dépend de l'état physique d'un sol, est rarement satisfaisante.

Or l'eau sera toujours le facteur limitatif des sols des régions tropicales à saison sèche réellement marquée.

Un excès d'eau dans les couches superficielles crée un milieu impropre à toute végétation mais situé à une profondeur telle qu'elle ne contrarie pas le système radiculaire normal des plants, la nappe phraétique fonctionne comme réservoir d'eau en saison sèche moyennant des propriétés physiques favorables du terrain.

Interprétation des graphiques de perméabilité :

1. — Des écarts sensibles entre les courbes de perméabilité d'un même graphique (cas de la courbe B du graphique I) traduisent l'existence en profondeur d'une zone d'étranglement physique ou mécanique d'argile compacte ou imperméable.

2. — Le chevauchement des courbes indique des différences de perméabilité peu ou pas significatives, entre des horizons morphologiquement bien différenciés.

Il faut y voir, une fois de plus, l'influence des propriétés physiques défavorables du sol, résultant en une hétérogénéité très grande du profil.

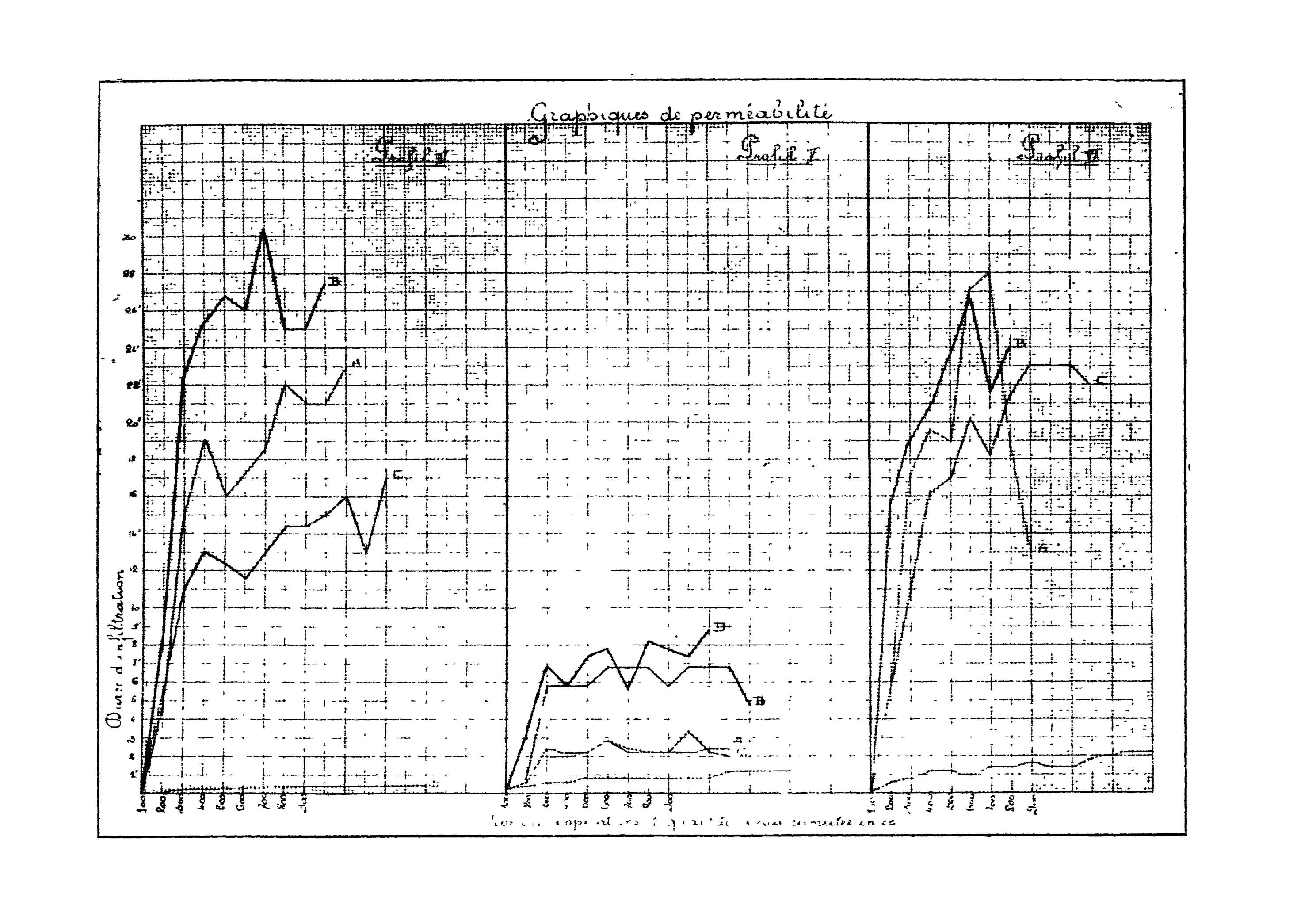
3. — En comparant les graphiques I, II et III qui sont voisins dans les relevés R. S. T. 10, 10 bis et 11 respectivement de 100 m^2, 50 m^2 et 100 m^2, on constate :

a) Dans le carré de savane à végétation dominante d'*Hyparrhenia* (1), la porosité diminue avec la profondeur et atteint des proportions anormalement basses dans l'horizon B, très compact et imperméable, peut-on dire. L'allure très rapidement ascendante de la courbe B justifie la crainte de la formation en A d'un niveau hydrostatique intermittent après de fortes pluies et d'une couche arable physiologiquement sèche en saison sèche.

Il en résulte une économie de l'eau très défavorable et la couche arable s'en trouve réduite à environ 0,30 m. d'épaisseur.

b) Par contre, en II (Andropogonées) et en III (savane bien reboisée avec sous-étage de zingiberacées), les graphiques sont voisins de la normale en accusant un minimum de porosité dans l'horizon tassé et compact.

En III, l'excellente structure grumeleuse d'un profil très homogène et fort peu dégradé, l'état très prononcé de fraîcheur des différents horizons en fin de saison sèche, témoignent d'un pouvoir rétentif élevé et d'une dynamique de l'eau bien plus favorable.



Graphiques de perméabilité
Profil I
B
C
A
Durée d'infiltration

Si l'on compare l'allure des Couches A des graphiques III à II, ces qualités semblent cependant conditionnées par le développement du couvert forestier assurant au sol une litière permanente, pratiquement inexistante en I A.

Les horizons C paraissent être soumis au colmatage lors d'infiltrations abondantes d'eau. Leur comportement varie en fonction directe de leur état plus ou moins grumelé de structure.

En II, l'abondance des formations dégradées est de nature à créer une solution de continuité dans l'ascension capillaire de l'eau en saison sèche.

Quoique offrant assez bien de similitudes, les variations constatées dans les couches des graphiques III et VI d'une part et VI d'autre part, savane densément reboisée) peuvent être attribuées, en ce qui concerne III et VI, à l'instabilité de la macrostructure résultant de la pénétration des racines d'un sous-étage très dense d'Afromomum (III) et au travail des termines (VI) qui n'ont pas d'équivalent en IV.

4. — Les profils IV, V et VI ont été ouverts dans le relevé R. S. T. 9 de 200 m². La morphologie du profil et les variations de la porosité témoignent une fois de plus de la grande hétérogénéité du milieu.

Par suite de la macrostructure de ses éléments dégradés, le profil V est lessivé par un drainage rapide en saison des pluies, tandis que l'ascension capillaire s'en trouve contrariée en saison sèche.

Le système radiculaire restant superficiel, le dessèchement de la végétation est à craindre en cas de sécheresse prolongée.

On pourrait expliquer ainsi le maintien d'un sous-étage malingre d'*Hyparrhenia* sous un couvert peu développé et assez uniforme d'essences de recolonisation forestière.

5. — *Hyparrhenia* paraît associé à l'existence dans le sous-sol d'un horizon argileux compact imperméable fortement dégradé (graphiques I et VII (R. S. T. 12 de 200 m²),de nature à exagérer les effets de la sécheresse.

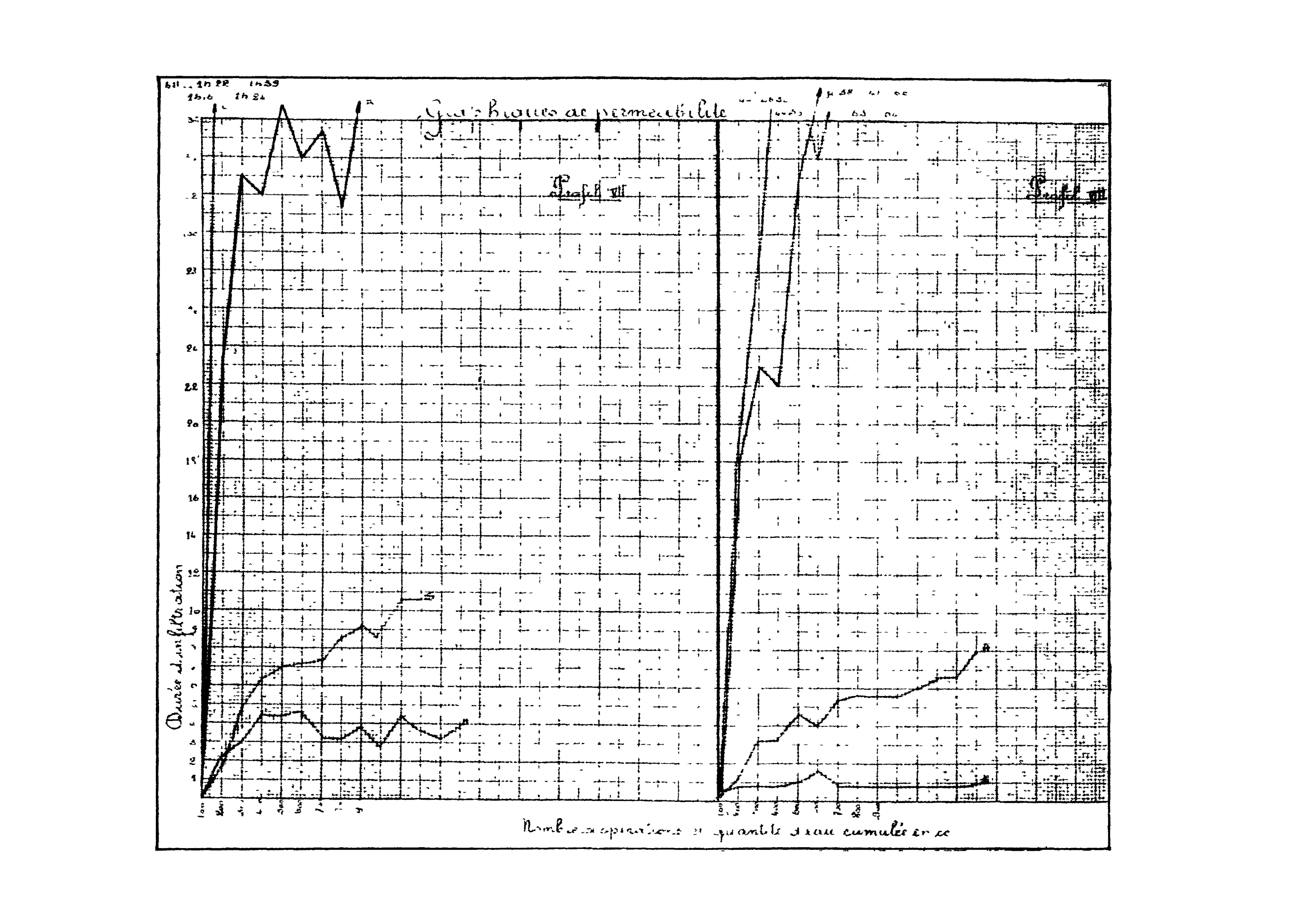
Le profil VIII (R. S. T. 13 de 200 m²) à dominance de fougères, accuse, quoique moins nettement, les mêmes défectuosités physiques.

La structure de ce dernier profil est, d'autre part, fortement différenciée par l'activité souterraine d'une réelle invasion de termites.

6. — Le profil IX (R. S. T. 15 de 100 m²) est typique de mouvements favorables de l'eau de sol.

Isolée des réserves profondes, inertes, du sous-sol, par un horizon de concrétions limonitiques, perméable en grand, la couche arable est vouée à une aridité extrême.

La population de Melinis qui s'y développe à l'état presque pur se dessèche au fur et à mesure de sa croissance en hauteur en donnant


Graphiques de perméabilité
Profil VII
Profil VIII
Durée d'infiltration
Nombre d'opérations et quantité d'eau cumulées en cc

naissance à une strate pailleuse desséchée pouvant atteindre de 0,50 m. à 0,60 m. de hauteur.

7. — La faible porosité des couches superficielles du sol dans le profil X (R. S. T. 14 de 100 m^2) à *Dichrostachys*, l'absence de litière en surface et d'un horizon d'infiltration bien différencié, l'état de dessiccation très prononcé des couches supérieures profondément crevassées en fin de saison sèche, leur nature dégradée, expliquent à l'évidence la grande misère physiologique de la végétation vivotant péniblement dans ce milieu complètement dépourvu de réserves biogènes.

VI. — POROSITE ET ECONOMIE DE L'EAU ET DE L'AIR

Mode opératoire : Méthode de King, Hilgard.

Cette méthode consiste à remplir des cylindres métalliques, de terre, dans chaque horizon différencié du profil.

On laisse saturer l'eau par ascension pour chasser l'air, puis on abandonne au drainage naturel à l'abri de l'évaporation.

Moyennant quelques opérations très simples, on obtient ensuite les principales mesures concernant l'eau des sols.

But de l'essai :

Etude des principales fonctions de l'eau du sol en tant que facteur régissant le milieu biologique et les phénomènes de la nutrition des végétaux.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

Explication des abréviations employées :

CR = capacité de rétention d'eau.

HR = humidité réelle de la terre au moment du profilage.

DA = densité apparente.

P = porosité.

CA = capacité minima pour l'air.

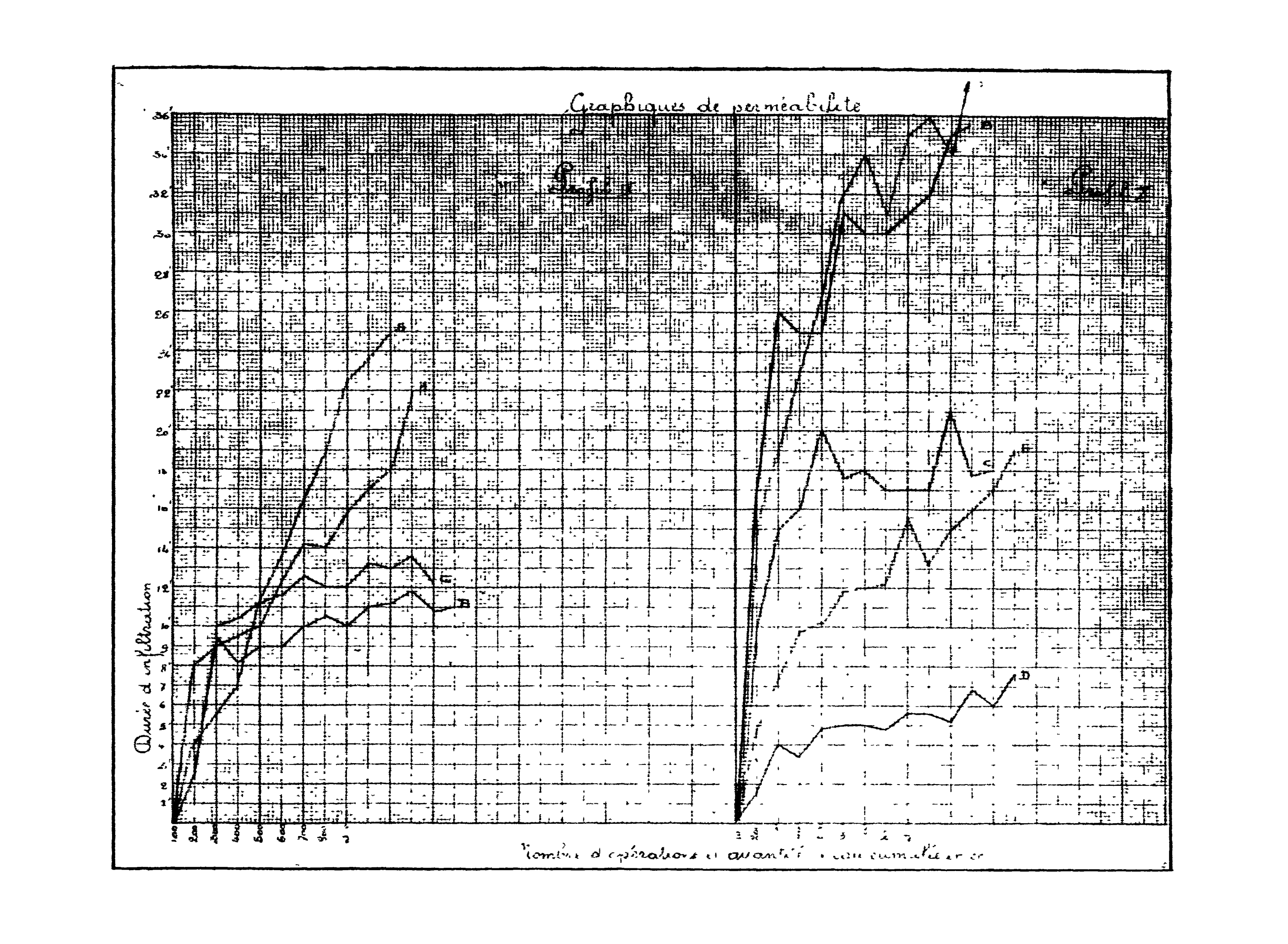
Interprétation des résultats :

Par porosité on entend le volume des espaces lacunaires du sol, remplis d'air et d'eau. Elle s'exprime en % du volume total de la terre.

Nous avons déterminé la porosité de nos profils par la méthode King-Hilgard préconisée par Livens (L'Etude du sol et sa nécessité au Congo Belge — J. Livens — 1943 — pp. 42-45).

L'appareillage adéquat nous faisant défaut, nous avons dû recourir au procédé brutal de la masse de carrier pour réussir à enfoncer nos cylindres métalliques dans les terrains très secs, compacts et tassés de Gimbi.

Les résultats de ces essais n'ont rien d'absolu, ils sont à interpréter comme des moyennes strictement expérimentales.


Graphiques de perméabilité
Durée d'infiltration
D

Profils	CR % en poids	CR % en volume	HR % en poids	HR % en volume	DA.	P	CA.
I. Dominance d'Hyparrehenia							
Surface	41,50	40,25	23,92	23,20	0,97	63,39	23,14
A (0 m à 0,30/0,32 m) . .	44,60	43,26	26,91	26,10	0,97	63,39	20,13
B (0,3/0,32 m à 0,45/0,60 m)	39,57	41,94	26,41	27,99	1,06	60,—	18,06
C (0,45/0,60 m à 1 m) . .	40,26	41,06	26,10	26,62	1,02	61,50	20,44
II. Dominance d'Andropogon							
Surface	44,50	40,94	26,56	24,43	0,92	65,20	24,34
A (0 m à 0,30/0,35 m) . .	36,01	39,97	24,39	27,07	1,11	58,11	18,14
B (0,3/0,35 m à 0,60/0,80 m)	43,60	46,65	30,50	32,63	1,07	59,62	12,97
C (0,60/0,80 m à 1 m) .	22,91	25,65	8,58	9,60	1,12	57,73	32,08
III Reboisé + Zingibéracées							
Surface	50,90	40,72	27,05	21,62	0,80	69,81	29,09
A (0 m à 0,40/0,45 m)	39,73	40,92	28,28	29,12	1,03	61,13	20,21
B (0,40/0,45 m a 0,70 m).	47,27	47,27	11,98	11,98	1,—	62,26	14,99
C (0,70 m à 1 m)	46,90	47,83	11,98	12,21	1,02	61,50	13,67
IV. Reboisé							
Surface	30,19	27,77	29,21	26,87	0,92	65,28	37,51
A (0 m à 0,35/0,40 m) .	32,88	37,81	23,85	27,42	1,15	56,60	18,79
B (0,35 0,40 m à 0,70 m)	43,49	47,83	30,08	33,08	1,10	58,11	10,28
C (0,70 m à 1 m) . .	43,52	47,—	28,40	30,67	1,08	59,24	12,24
V Reboisé + Hyparrhenia							
Surface	46,53	41,41	31,22	27,78	0,89	66,41	25,—
A (0 m à 0,30/0,35 m) .	44,48	43,14	25,79	25,01	0,97	63,49	20,25
B (0,3/0,35 m à 0,40/0,50 m)	46,80	42,12	45,80	41,22	0,90	66,03	23,91
C (0,4/0,50 m à 0,60/0,70 m)	43,27	41,97	27,38	26,55	0,97	63 39	21,42
D (0,60/0,70 m à 1 m.) .	37,80	41,58	27,23	29,95	1,10	58,49	16,91
VI. Reboisé							
Surface . . .	39,43	37,85	11,13	10 68	0,96	63,77	25,92
A (0 m à 0,40 m) . .	39,82	41,41	27,65	28,75	1,04	61,50	20,09
B (0,40 m à 0,70 m) .	42,17	38,37	28,31	25,76	0,91	65,66	27,29
C (0,70 m à 1 m) .	30,04	34,54	25,43	28,24	1,15	56,60	22,06
VII Hyparrhenia-Pteris							
Surface	61,46	60,84	29,35	29,05	0,99	62,64	1,80
A (0 m a 0,30 m)	47,13	48,54	13,65	14,05	1,03	61,13	12,59
B (0,30 m à 0,80 m)	58,40	59,56	47,87	48,82	1,02	61,50	1,94
C (0,80 m à 1 m) .	24,49	30,61	14,34	17,92	1,25	52,83	22,22
VIII. Pteris-Hyparrhenia							
Surface	34,12	37,87	15,34	17,02	1,11	58,11	20,24
A (0 m à 0,30 m) . . .	27,09	32,23	14,12	16,80	1,19	55,09	22,86
B (0,30 m à 0,65/0,80 m)	25,51	30,10	10,95	12,90	1,18	55,26	25,16
C (0,65/0,80 m à 1 m) .	36,23	39,85	24,26	26,68	1,10	58,49	18,64
IX. Melinis							
Surface	37,87	38,62	21,06	21,48	1,02	61,50	22,88
A (0 m à 0,30 m) . . .	39,74	42,91	20,42	22,05	1,08	59,24	16,33
B (0,30 m à 0,75/0,80 m)	40,75	44,01	23,10	24,94	1,08	59,24	15,23
C (0,75/0,80 m à 1 m)	42,01	41,58	33,76	33,42	0,99	62,64	21,06
X. Dichrostachys							
Surface	42,80	47,08	28,51	31 36	1,10	58,49	11,41
A (0 m à 0,25 m) . .	41,70	46,28	27,07	30,04	1,11	58,11	11,83
B (0,25 à 0,45 m) . .	40,08	44,08	35,12	38,63	1,10	58,49	11,41
C (0,45 m à 0,75 m) .	47,61	48,56	29,46	30,04	1,02	61,50	12,94
D (0,75 m à 1 m)	39,74	42,91	29,49	31,85	1,08	59,20	16,29

Rappelons également que les chiffres ainsi obtenus pour la capacité de rétention d'eau, sont supérieurs à la capacité de rétention réelle du sol en place (LIVENS).

1. — Les chiffres de porosité, assez élevés, témoignent de la nature argileuse lourde de nos sols dont la texture est assez uniforme.

2. — On relève un minimum de porosité dans l'horizon illuvial compact (I B — VII A-B — VIII A-B — X S-A-B.). En général cependant, l'irrégularité de ces données vient confirmer le défaut d'homogénéité du profil.

3. — La question se pose à Gimbi, de savoir si l'ameublissement de la couche arable n'accentue pas l'action néfaste du socle; au cours d'essais précédents, il pouvait sembler que les sols restée en place étaient plus poreux en profondeur. Aucune conclusion péremptoire ne se dégage cependant des derniers essais faits.

4. — Les porosités moyennes les plus élevées sont obtenues dans les terrains reboisés avec un maximum de 63,67 pour le profil III (reboisé + sous-étage d'*Afromomum*).

Les chiffres les plus bas caractérisent les formations sociologiques *Hyparrhénia-Pteris* (59,52), *Dichrostachys* (59,15) et le minimum (56,73) se rencontre dans le relevé *Ptéris-Hyparrhenia.*

5. — La capacité minima en air est généralement assez élevée.

Des teneurs anormalement basses (1,80 et 1,94) sont à relever dans le profil VII (*Hyparrhenia-Pteris*), la moyenne y étant à peine de 9,63.

VII. — CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT DES SAVANES

Les défectuosités physiques des terres auxquelles sont attribuées leurs faibles rendements résultent d'une dégradation du sol consécutive à l'ablation de la végétation forestière naturelle, à la mise en culture et à l'action destructive, répétée, des feux de brousse.

Les premiers symptômes apparents d'érosion se manifestent par l'affleurement de l'illuvium dépourvu de toute végétation.

Le seul remède de nature à arrêter cette évolution rapide vers un profil défectueux consiste à assurer la reforestation de la région.

Il ne fait aucun doute que le climax de la contrée envisagée soit forestier. La preuve en est faite expérimentalement par les essais de reboisement entrepris à la Station.

Indépendamment de ceux-ci, la facilité spectaculaire avec laquelle le reboisement s'opère spontanément et la coexistence en maints endroits de savanes et de types forestiers divers viennent encore renforcer notre conviction au sujet de cette prédisposition écologique.

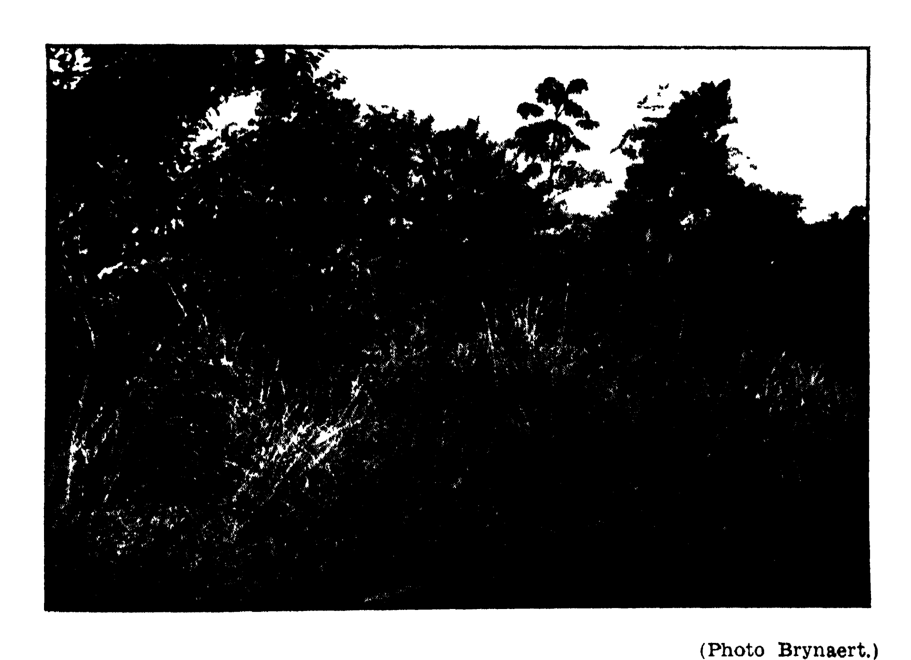
Des parcelles de savane protégées depuis 1940, primitivement recouvertes d'une flore herbacée dominante, sont actuellement envahis par un épais taillis forestier semblable à celui décrit aux relevés 9 et 11.



(Photo Brynaert.)

Essai de reboisement artificiel avec *Cassia siamea* — *Albizzia* LEBBECK. *Okoumea klaineana.* — Essai 1942 en savane.

La strate herbacée subsiste, les semis spontanés de plantes forestières sont inexistants.



(Photo Brynaert.)

Le climax de la savane est forestier.

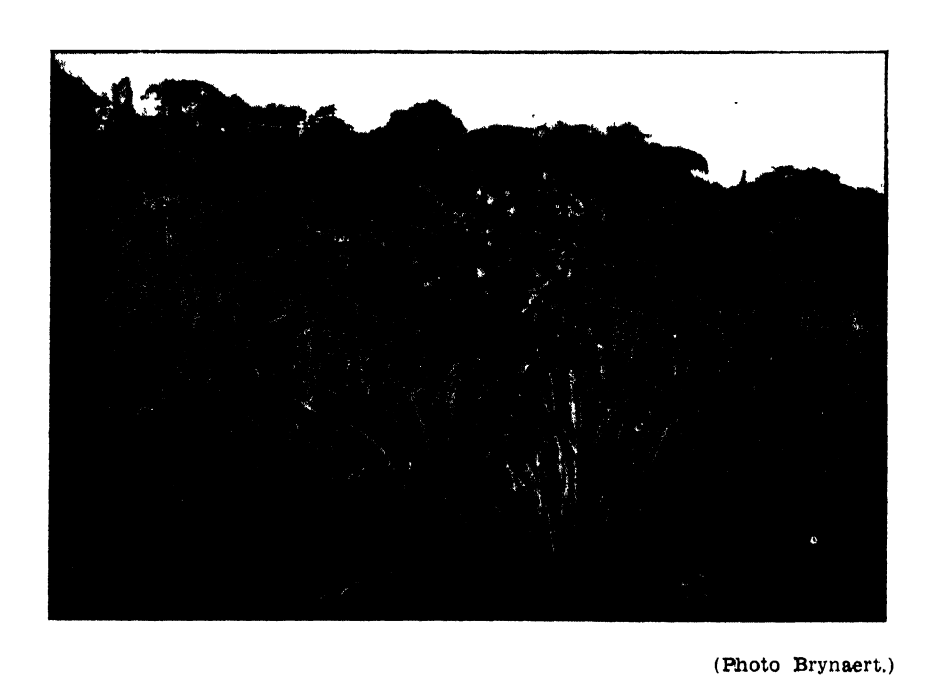
Parcelle protégée depuis 1942 dans l'« Essai d'amélioration du terrain ».



(Photo Brynaert.)

La mise en défends contre les feux de brousse assure la reforestation rapide des savanes.

Parcelle protégée depuis 1942 dans l'« Essai d'amélioration du terrain ».



(Photo Brynaert.)

Avant-plan : aspect typique d'une parcelle incinérée annuellement.

Arrière-plan : la galerie forestière. Parcelle incinérée annuellement depuis 1942 dans l'« Essai d'amélioration du terrain ».



Photo Toussaint.

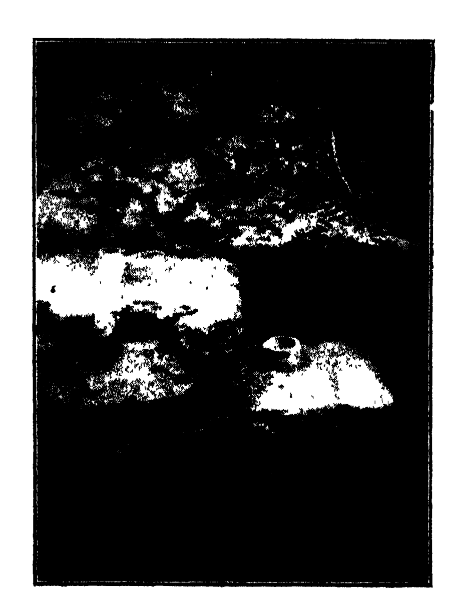


Photo Toussaint.

Nos 1 et 2. — Mode opératoire pour la mesure de perméabilité.

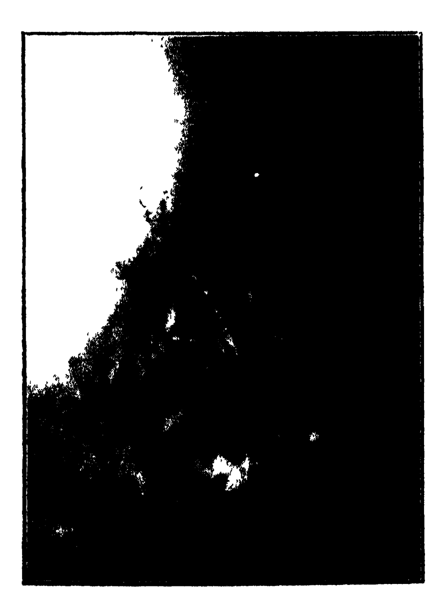


Photo Toussaint.

N° 3. — Feu de brousse en fin de saison sèche.



Photo Toussaint.

N° 4. — Aspect de savane dégradée avec galerie forestière aux approches de Matadi.

Ces faits nous permettent d'insister sur l'opportunité d'adoption par les services intéressés, d'une politique appropriée de revalorisation qui, alliée à une technique judicieuse de reboisements artificiels, seraient vouées avec certitude au succès complet.

Dans l'état actuel des choses, l'exploitation des savanes est peu rémunératrice, irrationnelle et lourde de conséquences.

Il n'y a pas de rotation à proprement parler. Une seule culture vivrière est suivie immédiatement par la jachère.

Les arachides sont récoltées 4 à 5 mois après plantation tandis que le manioc reste en place durant 1 1/2 an à 2 ans.

La jachère ne restitue rien au sol et parce qu'elle n'est pas épargnée par l'incendie périodique, elle est incapable de reconstituer la fertilité du sol épuisé.

Dans ces conditions, l'indigène ne retourne pratiquement sur la même sole qu'après plusieurs décades.

Les rendements sont dérisoires. Nous avons obtenu respectivement 37 kg. d'arachides et 1.956 kg. de manioc à l'hectare.

Comme si cet ensemble d'actions néfastes n'était pas suffisant pour consommer définitivement l'appauvrissement des savanes, celles-ci sont encore soumises à l'exploitation organisée du bois de chauffage.

On exporte ainsi non seulement les derniers vestiges de fertilité mais encore, et ceci est plus grave, les derniers atouts de recolonisation forestière. Dès lors, on est en droit de s'étonner qu'une région aussi favorablement située aux points de vues économique et social n'ait pas retenu davantage l'attention des Pouvoirs Publics que le ravitaillement des grands Centres obsède.

Comment expliquer que l'on n'ait pas encore entrepris des essais de reboisement calqués sur la nature et exécutés avec des essences indigènes ? Jusqu'à présent, le choix des essences semble avoir été guidé par la fantaisie plutôt que par l'observation et, comme le dit Harroy dans son livre « Afrique, Terre qui meurt » (p. 409) :

« Dans ce domaine (le choix des essences) comme dans celui de la technique proprement dite du boisement, l'empirisme a presque partout donné le ton jusqu'à nos jours, ce qui s'est traduit par une préférence marquée donnée aux essences exotiques au détriment des essences indigènes. »

La comparaison des essais d'introduction entrepris à la Station, en *Cassia Siamea, Albizzia Lebbeck, Tectona grandis* et *Okoumea Klaineana,* avec les parcelles reboisées spontanément, témoigne éloquemment en faveur des essences indigènes.

Lors de nos prospections dans la région, nous avons eu l'occasion de suivre de près des séries progressives à partir de la savane arbustive. Dès que cette dernière formation est soustraite à l'action des feux, elle s'embroussaille rapidement de *Macaranga* divers, d'*Harun-*

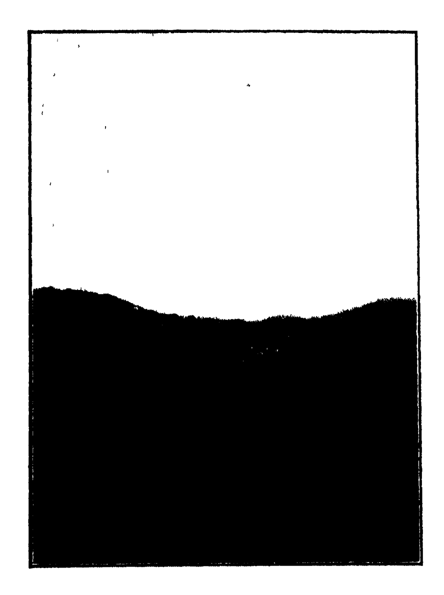


Photo Toussaint.

N° 5. — Aspect de savane dégradée avec galerie forestière aux approches de Matadi.

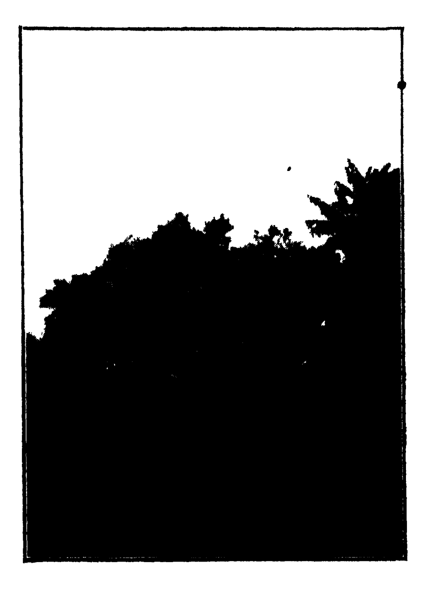


Photo Toussaint.

N° 6. — Savane protégée depuis 1939. Taillis de *Macaranga spinosa* MUELL. ARG. et FAGARA sp.

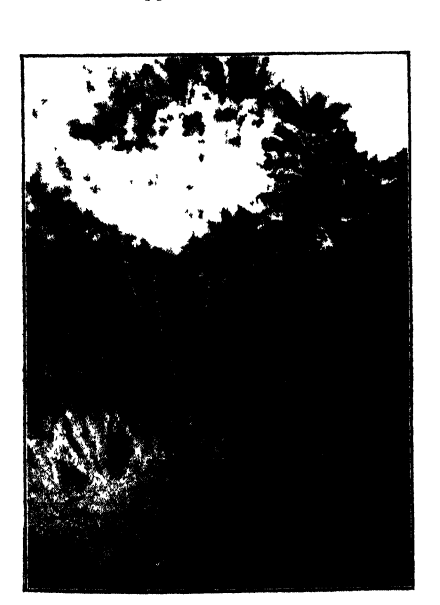


Photo Toussaint.

N° 7. — Formation secondaire de savane *Macaranga spinosa* MUELL. ARG. et FAGARA sp.

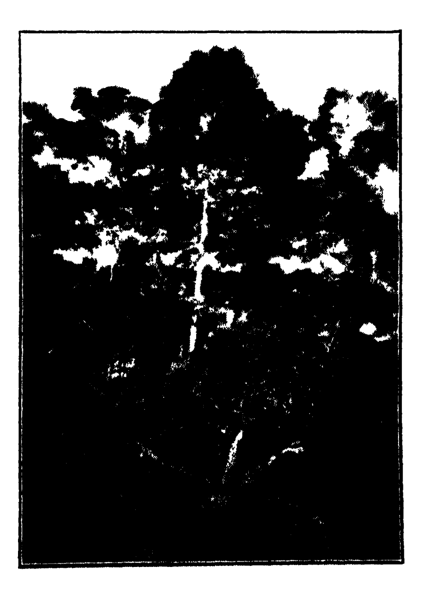


Photo Toussaint.

N° 8. — Formation secondaire de savane. — Au milieu un *Xylopia aethiopica* (Dun.) A. RICH.

gana, d'*Alchornea, Millettia, Vernonia*, etc., pour ne citer que les espèces dominantes. Grâce à l'ombrage des essences, la vitalité des graminées diminue et des semis forestiers s'installent très rapidement.

Pour appuyer nos dires, nous donnons ci-dessous l'inventaire d'une petite parcelle de 20 m² sous-ombrage de :

Psorospermum febrifugum SPACH.
Millettia versicolor WELW.
Macaranga spinosa MUELL. ARG.
Bridelia sp.

Un comptage nous a permis de dénombrer 40 essences de recru réparties comme suit :

23 *Xylopia aethiopica* (Dun) A. RICH.
7 *Macaranga spinosa* MUELL. ARG.
7 *Harungana madagascariensis* LAM.
4 *Grumelia* sp.
3 *Allophylus africanus* P. BEAUV.
2 *Macaranga* sp.
1 *Discoglypremna caloneura* BAM.
1 *Millettia versicolor* WELW.
1 *Tetrorchidium didymostemon*.

Dans cet inventaire, l'attention est attirée par le nombre impressionnant de *Xylopia aethiopica* rencontrés dans la parcelle, et la question qui vient tout naturellement à l'esprit est de se demander quel est l'avenir d'un tel recru.

Il existe sur le plateau de la Station un magnifique matériel d'étude qui nous a permis d'en suivre les étapes évolutives.

Nous avons estimé qu'une période de temps évaluée à environ 20 ans était suffisante à un matériel initial plus pauvre que celui cité dans l'inventaire ci-dessus, pour nous permettre d'obtenir une futaie équienne d'environ 400 pieds à l'Ha. d'une hauteur totale moyenne de 20-25 m. et d'un diamètre moyen de 18 cm., ceci dans des conditions naturelles, sans aucune intervention humaine.

Il serait donc inadmissible qu'un plan d'aménagement forestier de la région sous-estime ce patrimoine à notre portée, actuellement dominé par les éléments destructeurs de la nature.

Nous devons faciliter son réveil, encourager son éclosion, promouvoir son développement.

Les moyens sont connus et d'application relativement aisée :

1. — L'interdiction brusque et généralisée des feux de brousse risque de se buter à la sourde hostilité des milieux coutumiers indigènes desquels il importe d'obtenir la collaboration à l'œuvre entreprise.

On se bornera donc, au début, à mettre en défens des lambeaux de savane isolés entre deux galeries forestières ou facilement délimités

par des bouquets forestiers existants réunis entre eux par de larges coupe-feux, parfaitement entretenus.

Les délits seront sanctionnés sévèrement.

2. — Chaque année, les réserves ainsi constituées seront étendues d'une superficie égale à celle des lotissements agricoles ou forestiers annuels prévus dans le plan, au terme d'un cycle complet de régénération. La durée de ce cycle reste à déterminer, on peut la situer aux environs de 15 à 20 ans.

3. — La coupe de bois de chauffage sera strictement prohibée dans les savanes réservées.

4. — Dans les enclaves ainsi délimitées, le reboisement spontané sera irrégulier et il paraît indiqué de hâter son évolution sur les endroits rétifs à une colonisation rapide, par des reboisements artificiels. La plantation d'essences forestières locales, en bouquets serres, irrégulièrement disséminés sur toute la superficie, nous paraît être la méthode à préconiser.

Elle présente sur la plantation en lignes régulières les avantages suivants :

a) Elle reproduit exactement les conditions observées dans la nature.

b) L'aire d'action de ces bouquets forestiers est maximale.

c) Les frais d'établissement et d'entretien sont réduit au minimum.

d) L'action néfaste des sarclages répétés, qui sont cependant indispensables pour amener un bon départ aux plantations régulières, est bien connue. Brimées par ces interventions périodiques, les plantules forestières se maintiennent difficilement dans un état inférieur de développement ou disparaissent définitivement.

5. — La conjoncture économique favorable à l'exploitation des essences précieuses suggère une autre forme d'intervention, à rendement éloigné, dans les savanes se reboisant spontanément, sans l'aide d'introduction. S'adressant à des milieux distincts, ces mises en valeur d'un ordre fondamentalement différent, seraient à mener parallèlement.

Nous avons en vue l'enrichissement du taillis naturel en essences précieuses dont l'écologie s'accommoderait de ce milieu en voie de régénérescence.

Dans ce dernier cas, l'ouverture des layons et les éclaircies successives pourraient, à brève échéance, procurer certains revenus, point négligeables, en baliveaux pour constructions et bois de chauffage. Les ressources en bois d'œuvre et d'exportation, prévues pour un avenir plus lointain, contribueront largement à la stabilisation de l'économie générale et à la prospérité du Territoire de Matadi.

Les résultats des essais de la Station de Gimbi sont là pour prouver que ce programme d'aménagement de la région nord de Matadi

appartient au domaine des possibilités, mais sa réussite est conditionnée par plusieurs facteurs :

1. — La rapidité d'exécution.

S'il est vrai que l'évolution des sols déboisés tend vers un profil défectueux lorsqu'ils sont soumis aux feux de brousse et aux agents d'érosion, il est tout aussi certain que le phénomène est de moins en moins réversible et que le taux forestier de la région régresse dangereusement actuellement.

2. — Son rendement pécunier n'étant pas immédiat, l'exécution de l'aménagement doit relever du Service Forestier de la Colonie agissant de concert avec les propriétaires terriens indigènes.

Les avantages de la méthodique proposée de rétablissement de la fertilité des sols par la reforestation sont patents :

1. — Retour à un climax écologique et édaphique assurant la meilleure protection du sol.

2. — Renvoi à l'agriculture, pour l'alimentation de Matadi, de dix mille hectares de terrains voués actuellement à la stérilité complète.

L'exploitation agricole des terrains ainsi rénovés restera assujettie à l'application de certains principes de stricte observation :

1. — L'ambiance forestière, dont on ne se détachera plus, aura le plus de chances de se maintenir par la culture en bandes alternées.

2. — La durée de rotation reste à déterminer. Elle sera limitée par la protection de la couche arable qu'il faut assurer pour favoriser la régénération rapide d'une flore humicole.

3. — La jachère sera suffisamment longue pour être reconstituante de la fertilité et sera évidemment protégée contre l'incendie.

4. — Dans les cultures pérennes (bananiers), on évitera le dessouchement et l'incinération des débris forestiers rassemblés à leur pied.

Un recru forestier contrôlé sera maintenu dans les interlignes.

5. — La coupe de bois de chauffage sera considérée comme une activité distincte. On les choisira de préférence à proximité immédiate de Matadi.

Le problème de la vacance des terres ainsi aliénées ne présentera aucune difficulté.

La faible densité de la population, dont l'élément valide est occupé en majeure partie au port de Matadi, ne soulèvera aucune objection à la revalorisation de ses terres qui lui assurera le bien-être et la prospérité.

Gimbi, le 30 septembre 1948.

Esquisse des différents types de sols de la moitié sud du Sénégal

par

J. DUBOIS,

Chef de travaux des Laboratoires de l'Agriculture aux Colonies.

Pédologue du Secteur Soudanais de Recherches Agronomiques.

INTRODUCTION.

Les pages qui suivent sont loin d'être entièrement nouvelles. Elles apportent simplement des éléments supplémentaires et quelques précisions à ce qu'indiquait sur ce sujet le Rapport de la Mission Pédologique du Sénégal en 1946 sur les sols à arachide par G. AUBERT, J. DUBOIS et R. MAIGNIEN; telles que, elles sont très loin d'épuiser le sujet.

Les limites géographiques de cette étude peuvent être approximativement fixées comme suit :

— Au Nord, une ligne passant par le Nord de la presqu'île du Cap Vert et rejoignant la vallée du Sine dans le Centre du Sénégal;

— A l'Est, la falaise Bakel-Seoudji-Koussan, limite orientale des grès du continental terminal;

— Au Sud-Est, une ligne allant approximativement de Dalafi, au Sud de Médina-Pakane;

— Au Sud, la frontière de Guinée Portugaise;

— La Gambie anglaise fait enclave dans cet ensemble.

I. — DONNEES CLIMATIQUES, GEOLOGIQUES, GEOGRAPHIQUES ET PHYTOGEOGRAPHIQUES

Le climat est soudanien dans la plus grande partie; celui de la Presqu'île du Cap Vert est canarien-sud; celui de la Basse-Casamance guinéen.

La pluviométrie est minima sur le Cap Vert (Dakar : 575,9 mm) et augmente légèrement à cette même latitude et aux latitudes voisines en allant vers l'Est. Elle augmente surtout en allant vers le Sud. Dans l'extrême Sud-Ouest, elle atteint son maximum (Oussouye : 1845,1 mm).

TABLEAU I

Localités	Hauteur de pluie par an en mm.
Dakar	575,9
Bambey	653,7
Kaolack	768
Kaffrine	746
Koungheul	819
Nioro du Rip	904
Tambacounda	1004
Vélingara	1243,5
Kolda	1159,7
Sedhiou	1358,9
Ziguinchor	1630
Oussouye	1845,1

La durée de la saison des pluies varie de 3 mois à Dakar, à 4 mois 1/2 ou 5 mois en Casamance et dans l'Est. Elles débutent plus tôt à l'Est qu'à l'Ouest. Le maximum de précipitations a partout lieu en août.

Les vents dominants dans la Presqu'île du Cap Vert et, à un moindre degré, le long de la côte plus au Sud, sont les alizés, jamais très chauds; tandis qu'à l'intérieur, surtout dans la partie Nord, le vent d'Est ou Harmattan, sec et brûlant, rend torride toute cette vaste contrée en mars, avril et au début de mai.

La température le long de la côte a ses amplitudes amorties; dans l'intérieur, les différences entre minima et maxima sont accrues.

TABLEAU II

Localités	Température moyenne	Moyenne des minima	Moyenne des maxima	Températures extrêmes
Dakar	25,4			14,8 et 37,5
Bambey	26,9			8,0 et 48,0
Kaolack	27,8	20,67	36,0	11,0 et 46,0
Tambacounda	28,8			8,0 et 46,0
Ziguinchor	27,14			

A part le Nord-Ouest (Kaolack, Bambey, Dakar), quelques inclusions plus profondes (Nord de Kaffrine) et les alluvions récentes, le grès tacheté du Continental terminal, plus ou moins ferrugineux et argileux, recouvre toute cette partie du bassin tertiaire du Sénégal.

A l'Est de la falaise de Thiès, le calcaire sous-jacent n'apparaît nulle part, masqué partout par des sables parfois un peu argileux.

Dans la presqu'île du Cap Vert, par contre, le calcaire occupe des étendues non négligeables. De petits massifs et des coulées de basaltes forment la plus grande partie de l'extrémité. Des dunes de sable sont très développées et laissent entre elles des niayes, dépressions humides au sol riche en matières organiques et plus ou moins tourbeux.

Les quelques idées suggérées par l'évolution de la géographie récente du pays feront mieux saisir la suite de l'exposé.

Des changements climatiques importants, depuis la fin du tertiaire jusqu'à nos jours, ont modifié des vastes étendues très plates et très peu élevées du bassin du Sénégal. On peut admettre qu'une période moyennement humide permit l'accumulation ferrugineuse transformée plus tard en cuirasse et plus ou moins démantelée par l'érosion. Une ou des périodes plus sèches permirent le recouvrement d'une très grande étendue par des dunes orientées Nord-Est-Sud-Ouest. Actuellement, le modelé dunaire, quoique très amorti, est encore décelable au Nord d'une ligne allant, suivant une limite très irrégulière, du point où la frontière de la Gambie anglaise rejoint la mer (Niombato) jusqu'au plein cœur du Ferlo, au Sud-Ouest de Matam.

La période actuelle, de nouveau plus humide (*), a vu la fixation des dunes par la végétation, leur effacement et l'érosion sous toutes ses formes qui a creusé ou réouvert les vallées et décapé partiellement la cuirasse ferrugineuse de son revêtement sableux. Cette dernière ou ses produits de désagrégation apparaissent ça et là au milieu des anciennes dunes ou se situent parfois à très faible profondeur (Bambey).

Les conséquences de toutes ces péripéties est que les sols ont été souvent remaniés, que les profils complexes sont fréquents et que toujours les phénomènes d'érosion et de dépôts ont une grande influence sur le détail du profil pédologique et la répartition des sols.

La végétation du Sénégal du Nord de la Gambie a été particulièrement bien étudiée par J. TROCHAIN (26). En Casamance, A. AUBRÉVILLE (5) y a consacré des articles très documentés. Aussi ne peut-on faire mieux que de résumer l'un et l'autre.

La limite Nord déjà fixée coïncide à peu près avec celle du domaine phytogéographique soudano-sahélien. Dans l'Ouest, entièrement défriché, s'est installé le péniclimax à *Faidherbia albida* ou caddé. Cet arbre, qui perd ses feuilles en saison des pluies, est disséminé dans les champs cultivés depuis longtemps. Plus à l'Est, les feux de brousse ont contribué à installer le peniclimax à *Combretum glutinosum* et *Combretum Eliotii*, formant des savanes forestières où l'on rencontre parmi les arbres et les arbustes les plus répandus :

Combretum glutinosum	*Guiera senegalensis*
Combretum Eliotii	*Anogeissus leiocarpus*
Sterculia setigera	*Pterocarpus lucens*
Bombax buonopozense	*Cordyla pinnata*
Adansonia digitata	*Grewia bicolor*
Sclerocaria birrea	*Acacia ataxacantha*
Lannea acida	*Acacia macrostachya*
Strychnos spinosa	*Gardenia erubescens*

(*) Peut-être y aurait-il un début de desséchement tout récent, mais ce n'est pas encore absolument prouvé (11).

Le tapis herbacé est varié :

Andropogon Gayanus,	très élevé et par taches;
Andropogon amplectens *Hypparrhenia* sp.	associés tous deux sur d'immenses étendues.
Loudetia hordeiformis	*Asparagus Pauli-Guilelmi*
Ctenium elegans	*Vigna* sp.
Borreria spp.	*Rynchosia* spp.
Mitracarpum verticillatum	*Tephrosia bracteolata*

Le domaine soudano-guinéen débute un peu au Sud de la voie ferrée du Dakar-Niger le long de la frontière de Gambie. Les arbres sont un peu plus serrés, on y rencontre en quantité notable, en plus des précédents :

Pterocarpus erinaceus — *Afrormosia laxiflora.*

Le Niombato, canton situé à l'extrême Sud-Ouest du cercle de Kaolack, bordé par l'Océan et la frontière de Gambie, fait déjà partie du domaine guinéen.

La partie Nord de la Haute et de la Moyenne-Casamance se rattache d'après A. CHEVALIER (*) au domaine soudanais (donc soudano-guinéen), le reste est guinéen. Dans la première partie, la formation végétale est une forêt de savane qui contient les principales espèces arborées suivantes :

Khaya senegalensis	*Detarium microcarpum*
Afrormosia laxiflora	*Bauhinia Thonningii*
Daniellia Olivieri	*Terminalia avicennoides*
Pterocarpus erinaceus	*Terminalia macroptera*
Afzelia africana	*Hexalobus monopetalus*
Bombax costatum	*Cassia Sieberiana*
Cordyla pinnata	*Strychnos spinosa*
Albizzia aff. *Zygia*	*Acacia macrostacchya*
Ostryoderris Chevalieri	*Anona senegalensis*
Lannea velutina	*Icacina senegalensis*

Le tapis herbacé est constitué par :

Andropogon Gayanus *Cymbopogon giganteus*	grandes herbes en peuplements serrés

L'ensemble forme une forêt de savane.

La partie Sud de la Moyenne-Casamance et la Basse-Casamance possèdent les espèces précédentes, auxquelles s'ajoutent les suivantes, parmi les plus répandues :

Antiaris africana	*Parinari excelsa*
Cola cordifolia	*Eryphrophleum guineense*
Chlorophora excelsa	*Dialium guineense*
Detarium senegalense	*Alstonia congensis*

La forêt primaire à *Parinari excelsa* et *Detarium senegalense*, sans sous-bois herbacé, se rencontre dans la partie la plus arrosée près de Ziguinchor et d'Oussouye.

(*) Cité par J. TROCHAIN (26).

II. — LES DIFFERENTS TYPES DE SOLS

La cuirasse ferrugineuse latérisée ou non sera étudiée de prime abord, car lorsqu'elle apparaît en surface ou près de la surface, elle se place à part; elle constitue le stade de dégradation finale de certains types de sols : elle est morte, fossile et n'est plus soumise aux processus pédologiques actuels ou, lorsqu'elle l'est, c'est plutôt à titre de roche-mère. Les sols à profil complexe qui l'accompagnent seront examinés avec elle.

Au voisinage de cette cuirasse et sur grès ferrugineux, prédominent les sols rouges. Ils sont uniquement ferrugineux au Nord de la Gambie, tandis qu'ils deviennent latéritiques en Casamence et d'autant plus que l'on va vers le Sud-Ouest.

Les sols ocre et sols beiges sans concrétion semblent être la formation normale actuelle sur sables plus ou moins limoneux au-dessus d'une ligne passant un peu au Nord de la frontière de Gambie. Dans les sols ocre, le lessivage du fer est déjà souvent notable mais celui de l'argile l'est moins. Dans les sols beiges, le lessivage de l'argile et son accumulation sont plus importants. Quelques sols « dior » sans migration d'argile descendent, par endroits, jusqu'à la zone étudiée. Sur roche-mère très sableuse, intercalé entre des sols ocre se rencontre le type à lignes d'accumulation approximativement horizontales.

Les sols beiges à concrétions couvrent de très vastes étendues sur les plateaux de Moyenne-Casamance; ils semblent correspondre au pédoclimax actuel. L'argile a été fortement lessivée et s'est accumulée, en profondeur, en masse compacte et blanchâtre entourant les concrétions rouges d'oxydes de fer plus ou moins hydratés. Des sols beiges de néo-formation apparaissent sur colluvions peu compactes; aussi les rencontre-t-on fréquemment sur les bas de pente.

Il y a encore d'autres types de sols couvrant des surfaces moins importantes. Dans le Nord, sur des calcaires récents très tendres d'origine lacustre, d'après les géologues, des sols peu lessivés, avec ou sans mycélium calcaire, se rapprochent des sols bruns de la partie Nord du Sénégal. Il y a encore des sols peu lessivés lorsqu'il existe en profondeur une couche imperméable. Mentionnons encore des sols rouges à gravillons sur basalte, des sols sableux des vallées, des sols sableux noirs, des sols organiques plus ou moins tourbeux, des sols argileux de bas-fonds et les sols de « poto-poto » des marais à palétuviers.

III. — LA CUIRASSE FERRUGINEUSE ET LES SOLS A PROFIL COMPLEXE

D'une façon générale, le profil de la cuirasse est le suivant : « au-dessus du grès bariolé à taches ferrugineuses, un horizon où le fer se présente sous la forme de concrétions plus ou moins durcies. Le

volume occupé par celles-ci s'accroît à mesure que l'on se rapproche de la surface, qui peut être constituée souvent sur plus de 30 à 40 cm. par une cuirasse compacte ou caverneuse dure, brune ou d'un brun-rouge parfois tacheté de beige » (1). La partie supérieure est le plus souvent constituée par des gravillons irrégulièrement arrondis. Ces derniers ont été parfois recimentés.

La végétation est marquée, au Nord de la Gambie, par la prédominance très nette des deux espèces *Combretum glutinosum* et *Combretum Eliotii;* au Sud s'ajoute *Pterocarpus erinaceus.*

A des époques anciennes et successives, se formèrent ces cuirasses, dont chacune n'était peut-être bien à l'origine qu'un horizon d'accumulation ferrugineuse profonde, particulièrement développé.

La formation ou le développement du réseau hydrographique est venu tailler les vallées en recoupant la cuirasse et en délimitant les plateaux sur cette dernière. L'érosion en nappe fut d'autant plus importante que les vallées étaient plus profondes et plus proches.

Dans ces conditions, les horizons supérieurs meubles furent souvent décapés. L'horizon d'accumulation ainsi rapproché de la surface ou mis à nu se consolide et durcit. Au Nord de la Gambie, en Haute-Casamance en allant vers l'Est, les surfaces couvertes par la cuirasse deviennent de plus en plus importantes, tandis qu'en Moyenne-Casamance elle n'apparaît qu'en bordure des plateaux. G. AUBERT, le premier, en novembre 1946, constata, près de Kolda, cette dernière disposition. Au cours de la Mission de prospection des terres à arachides, nous la précisâmes en observant deux niveaux principaux d'affleurement de cuirasse : le niveau supérieur a son plafond à un peu moins de 40 m. d'altitude, l'autre se situe aux alentours de 20 m. (*)

Inversement, il arrive qu'une cuirasse anciennement dénudée soit recouverte par des colluvions, donnant ainsi des sols à profil complexe. Sur le rebord des plateaux, sur les pentes et dans les vallées, alluvions et colluvions ont donné des sols très variables qui seront étudiés un peu plus loin.

Les sols à profil complexe provenant d'une érosion puis d'un recouvrement plus ou moins important de la cuirasse, sont naturellement de types variés. Ils comportent une masse assez sablonneuse, dans laquelle se rencontrent de plus en plus de gravillons à mesure que l'on descend pour aboutir à la cuirasse dure et concrétionnée, puis, progressivement, au grès tacheté, plus tendre. Ils ont déjà été étudiés (3).

(*) P. BOUCHET, membre de la Mission eut une part importante dans cette observation.

ANALYSE CHIMIQUE

Sols à gravillons ferrugineux sur cuirasse (Sinthiou-Malème) en pour cent de l'échantillon séché à l'air.

	Gravillons ferrugineux	Cuirasse
Quartz	11,2	13,6
SiO^2 combinée	10,1	9,8
Al^2O^3	13,8	17,23
$Fe^2O^3 + TiO^2$	54,8	49,35
Ca O	0,84	0,56
Mg O	0,1	0,21
Na^2O	0,23	0,3
K^2O	traces	traces
H^2O+	7,0	7,8
H^2O-	2,6	1,2
	100,7	100,05

IV. — LES SOLS ROUGES

Ce sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés, où les oxydes de fer sont uniformément répandus dans la masse du même horizon et cimentent entre eux les grains de sable, donnant ainsi une structure peu marquée, il est vrai, mais suffisante pour les différencier des sols ocre et beiges. Au Sud de la Gambie, il se forme du pseudo-sable.

Il y a une différence chimique importante entre ceux du Nord, uniquement ferrugineux et ceux du Sud, déjà latéritiques; ces derniers sont également plus limoneux que les premiers. Toutefois, le profil et la situation par rapport à la cuirasse sont les mêmes, aussi, faute de résultats analytiques suffisamment nombreux, n'ont-ils pas été séparés les uns des autres.

Le plus souvent, ces sols rouges sont situés topographiquement au-dessous d'une cuirasse ferrugineuse et à proximité de celle-ci. En effet, par suite du ruissellement, les parties meubles riches en fer des cuirasses ou des sols à profil complexes qui s'y rattachent ont été entraînées plus bas. Généralement, il n'y a pas trace de stratification, cependant il en a été observé entre Dambol et Dianké-Kao au Nord-Est de Kaffrine et au Nord de Koussanar. Elle était d'ailleurs peu marquée.

Voici le profil d'un sol rouge relevé non loin d'une cuirasse ferrugineuse, un peu au Nord de Ker Yoro à l'Est de Malème-Hodar :

0 à 15 cm : horizon gris sableux, mais assez dur,

15 à 80 cm : horizon rouge ocre devenant rouge, homogène, sableux, mais aux grains cimentés.

On peut rencontrer des sols rouges sans cuirasse ferrugineuse à proximité; ils occupent alors ordinairement des zones plus élevées que les zones avoisinantes. Plusieurs explications peuvent se présenter : ou bien il y a eu autrefois à cet emplacement une ancienne cuirasse aujourd'hui complètement démantelée; ou bien un sol à accumulation ferrugineuse profonde a eu ses horizons supérieurs enlevés par l'érosion; par suite du déséquilibre ainsi causé, il est probable que le fer remis en mouvement a pu homogénéiser encore plus les horizons. Il remis en mouvement a pu homogénéiser encore plus les horizons; ou bien le sol résulte d'une évolution normale en place; ce dernier cas, si vraiment il existe, ne peut se rencontrer qu'en Basse-Casamance où les pluies sont abondantes. Cette région est formée de légers vallonnements; des sols rouges très marqués en occupent régulièrement la partie haute.

Des sols rouges se forment également sur le grès ferrugineux du Continental terminal lorsque ce dernier n'est plus recouvert par la cuirasse ferrugineuse ni par des alluvions et colluvions. C'est ce qui se passe dans certaines vallées. Il est d'ailleurs souvent difficile de déterminer, dans ce cas, ce qui a été apporté par ruissellement de la cuirasse ferrugineuse voisine. Il semble que les sols rouges formés sur grès sans apport étranger soient plus argileux et limoneux et d'une couleur rouge moins foncée. Cela est explicable du fait que le grès contient une certaine proportion d'argile, tandis que les colluvions originaires de la cuirasse en contiennent beaucoup moins.

A quelques kilomètres au Sud de Colomba, à l'Ouest de Tambacounila, sur grès, le profil est le suivant (1) :

0 à 10 cm : horizon gris humifère limono-sableux,

10 à 120 cm : horizon un peu plus sableux de texture, mais assez compact car plus riche en fer qui lie les grains de sable entre eux; horizon de couleur rouge assez vive.

Au-dessous de 120 cm : horizon gris-rose blanchâtre, à larges taches d'un rouge violacé.

Il peut se faire que le sol soit très peu épais du fait de la pente qui facilite l'érosion. Près de N'Gadiaga, à une vingtaine de kilomètres au Nord-Est de Malème-Hodar, juste en contre-bas d'une butte-témoin recouverte de cuirasse ferrugineuse, quelques éboulis de cette dernière se mêlent aux horizons supérieurs :

0 à 10 cm : horizon gris-brun sableux,

10 à 15 cm : horizon à cailloux et gravillons provenant de la cuirasse ferrugineuse,

15 à 50 cm : grès bigarré.

Entre Bignona et Balandine (*) sous une végétation arborescente de *Daniellia Olivieri* et en présence de *Khaya senegalensis*, un sol rouge latéritique présente les horizons suivants :

0 à 21 cm : horizon très humifère, débris vébétaux, structure grumeleuse.

21 à 40 cm : encore un peu humifère et très légèrement décoloré; la couleur augmente avec la profondeur.

Au-dessous de 40 cm : devient rapidement plus dur, plus rouge.

La végétation des sols rouges n'a rien de très particulier; c'est la transition entre celle des sols à cuirasse ferrugineuse et celle des sols beiges. Il y a beaucoup de *Combretum*, mais ils ne dominent pas comme sur la cuirasse au Nord de la Gambie; il y a moins d'*Anogeissus leiocarpus* que sur des sols beiges. Au Sud de la Gambie, *Pterocarpus erinaceus* est très fréquent.

Les sols rouges suffisamment épais et humifères sont assez fertiles, mais leur compacité peut être gênante pour la culture de l'arachide; en particulier la récolte est pénible et il y a de nombreux restes en terre.

L'analyse physique d'un sol rouge prélevé à Sougna, au Nord-Ouest de Kolda, a donné les résultats suivants :

Profondeur	% de terre séchée à l'étuve				
	Sable grossier	Sable fin	Limon	Argile	Humus p. 1.000 (**)
0 à 20 cm.	41 6	46,3	6,3	5,8	1,16
40 à 60 cm.	42 9	43,1	7,2	7,7	0,62

Le pH de ces sols est légèrement acide ou neutre en surface; il s'abaisse un peu en profondeur.

V. — LES SOLS OCRE

Ils s'étendent surtout dans la région de Khombole, Bambey, Diourbel, Fatick, Kaolack. Leur couleur varie en profondeur de l'ocre pur au rouge ocre. L'humus est réparti sur une grande épaisseur, même au delà de l'horizon gris de la surface, épais de 25 cm. environ; la teneur diminue très lentement.

A Bambey, où règne une grande hétérogénéité, les sols ocre voisinent avec des sols à accumulation linéaire, des sols peu lessivés sur calcaire et des sols peu lessivés sur cuirasse ferrugineuse. La transition est très progressive, avec d'une part les sols appelés « dior » où seul le fer migre d'une façon importante; d'autre part, les sols beiges où

(*) D'après les notes prises par R. MAIGNIEN.
(**) Extraction de l'oxalate d'amonium (8).

l'argile est plus lessivée et où apparaissent en profondeur des traces ferrugineuses.

Voici quelques résultats d'analyses:

Emplacement	Végétation	Profondeur en cm.	Sable grossier %	Sable fin %	Limon %
Kaolack (route de Birkelane)	culture d'arachide	0 à 15	41,35	48,77	1,62
		20 à 35	46,11	43,14	1,12
		60	43,64	39,60	6,00
Mako-Kahou (transition avec les sols belges)	jachère récente	0 à 15			
		20 à 35			
		60			
		100			

Argile p. 100	Humus (*) p 1000	pH	éléments échangeables p 1 000		
			Ca O	Mg O	K^2 O
8,25	3,4	6,7	0,29	0,11	0 024
6,9	2,5	6,3	0,24	0,14	0 015
10,75	2,2	6,2			
8,25	2,5	6,6	0,34	0,17	0,02
11,5	1,9	6,2	0,25	0,11	0,015
14,6	1,4	6,3			
14,75	0,9	6,3			

(*) Extraction à la soude.

Les sols ocre sont très cultivés depuis longtemps. Leur caractère sableux convient bien à la culture de l'arachide, mais le complexe a besoin d'être amélioré par une augmentation de l'humus.

VI. — LES SOLS A LIGNES D'ACCUMULATION

Le fer, l'humus et l'argile s'accumulent plus fortement qu'ailleurs dans les zones linéaires quasi horizontales, dures, très peu épaisses, dont la couleur varie d'ocre brun à gris brun. Ces sols sont lessivés, sableux. Ils dépassent de beaucoup au Nord les limites de cette étude. Ils existent, en effet, dans la région de Louga; ils atteignent au Sud la vallée du Saloum près de Ribo; il y en a près de Thiès, à Bambey et à N'Goye.

Il ne s'en forme que sur sol très sableux et l'on peut en distinguer deux formes :

— La première : (Thiès, N'Goye, Ribo, Bambey) est assez humifère. La teneur en humus diminue très lentement avec la profondeur. Il semble même y avoir parfois une augmentation sur les premiers décimètres. La teinte générale du profil est grise, les lignes d'accumulation sont gris plus foncé. Cette forme semble correspondre à un sol plus sableux où la proportion de sable grossier est forte.

— La deuxième : (Bambey) comporte une plus forte proportion de fer ou moins d'humus; la teneur en sable grossier est moins forte,

les lignes d'accumulation sont plus minces, ocre brun ou brunes. On passe peu à peu aux sols ocre.

Leur localisation à un niveau donné est en rapport avec les propriétés physiques du sol. En effet, une fente, l'emplacement d'une ancienne racine plus perméable, modifient leur profondeur. Tout se passe comme si les éléments entraînés s'étaient déposés à un niveau particulier en rapport avec la perméabilité — cette dernière n'étant pas le seul facteur à intervenir. Si pour une raison quelconque (fente, hétérogénéité locale) la perméabilité est augmentée, la ligne d'accumulation fléchit vers le bas très brusquement.

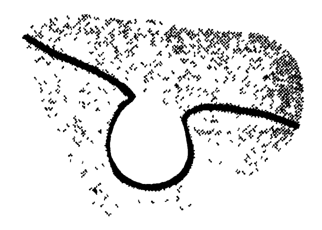


FIG. 1.
Ligne d'accumulation épousant le contour inférieur de la trace d'une ancienne racine

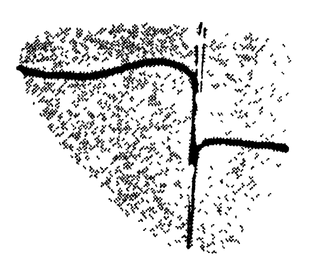


FIG. 2
Ligne d'accumulation brusquement déviée par une fente

Ces lignes d'accumulation apparaissent vers 40 ou 50 cm. de profondeur. Elles sont d'abord minces (3 mm. env.) et peu marquées, moins grises et plus brunes que les lignes inférieures, puis elles deviennent plus larges, allant parfois jusqu'à 2 cm., plus marquées et de couleur se rapprochant du noirâtre. La partie supérieure est plus noire, la partie inférieure plus brune et plus dure. Vers 1 m. 50 à 2 m. de profondeur, elles deviennent nettement plus claires et finissent par s'estomper. La distance qui les sépare varie entre 10 et 20 cm. La présence de ces lignes et la différence dans le reste du profil avec les sols ocre et les sols « dior » oblige à mettre à part les sols à lignes d'accumulation, ce qui a donc été fait ici.

Profil du premier type (Bambey) : la couleur reste presque la même sur tout le profil :

0 à 40 cm : horizon sableux, meuble, gris peu foncé,

40 à 80 cm : horizon gris à peine un peu plus beige que le précédent; premières lignes d'accumulation brunes vers 40 cm, dures; une ligne brune suit une fente verticale pendant 25 cm.;

80 à 150 cm : horizon toujours à peu près de la même couleur. Vers 100 cm., un peu plus dur; lignes d'accumulation plus épaisses et plus nettes; deviennent plus nombreuses vers 110 cm.

Profil du deuxième type (Bambey) :

0 à 40 cm : horizon gris sale sableux,

40 à 90 cm : horizon gris un peu moins jaunâtre, un peu plus foncé, premières lignes d'accumulation minces, irrégulières et peu nettes;

90 à 120 cm : horizon de transition, lignes d'accumulation plus épaisses, plus nettes, devenant plus régulières à partir de 110 cm;

120 à 200 cm : horizon ocre, lignes brunes devenant peu à peu plus floues, plus espacées jusqu'à disparaître à peu près complètement vers 200.

Voici quelques résultats analytiques sur un sol à lignes d'accumulation du deuxième type assez voisin des sols ocre :

Emplacement	Profondeur	Graviers et cailloux	Sable grossier %	Sable fin %	Limon %	Argile %	Calcaire %	Tot. des élémen[ts] minér
	cm.							
Bambey	0 à 20	néant	33,3	55,7	7,2	3,8	néant	100
	40 à 60	»	33,0	50,9	7,4	8,7	»	»
	90 à 110	»	32,9	53,7	4,7	8,7	»	»
	140 à 160	»	36,1	54,1	2,0	7,8	»	»

Notons que le lessivage de l'argile est net.

Ce qui est plus remarquable est le léger lessivage de l'humus. Les dosages effectués le montrent dans la majorité des cas; il arrive même parfois que la proportion maxima soit atteinte aux environs de 1 m. de profondeur. Il ne semble pas que cela puisse être imputé entière ment à une destruction du fait de la culture dans l'horizon superficiel. Des analyses de prélèvements effectués aux mêmes profondeurs ont donné les résultats suivants exprimés en humus p. 1000 de terre séchée à l'étuve (extraction à l'oxalate d'ammonium) (8) :

Profondeur en cm.	Différents profils				
0 à 20	1,43	1,35	1,71	1,15	
40 à 60	1,43	1.64	1,15	1,96	0,74
90 à 110	1,02	1,02	0,94	1,35	0,90
140 à 160	0,90	1,17	1,23	0.86	0,57

La localisation de ces sols dans les régions de pluviométrie inférieure à 700 mm et, par ailleurs, leurs caractère de lessivage très marqué, en font un type qui semble lié à la roche-mème particulièrement perméable Outre cette propriété d'être très sableux, donc à drainage facile, ils semblent ne pas avoir subi de modification depuis assez longtemps. L'exemple pris aux environs du Collège Moderne d'Agriculture de Louga, bien que situé au Nord des limites de cette

étude, est intéressant : les sols à accumulation linéaire se développent abondamment sur les dunes les plus anciennes très aplaties, tandis que les dunes plus récentes, rouges, quoique encore plus sableuses, n'en ont que des traces peu marquées, d'ailleurs uniquement rouges. Dès que le sol devient plus compact, les lignes disparaissent.

Dans ces limites, la différence essentielle qui existe avec les sols ocre et les sols « dior » réside surtout dans le fait que le fer est localisé dans les lignes d'accumulation au lieu d'être dispersé d'une façon homogène dans toute la masse de l'horizon. Nous retrouverons plus loin cette concentration par opposition à la dispersion des sols voisins dans le cas des sols beiges à concrétions.

Au point de vue agricole, mêmes remarques que pour les sols ocre; lorsqu'ils ne sont pas dégradés, ils sont toutefois un peu plus humifères.

VII. — LES SOLS BEIGES

Ce sont des sols où le fer et l'argile sont fortement lessivés; le fer s'accumule en profondeur. Selon qu'il s'ensuit quelques traînées diffuses, rouges, jaunes ou brunes, ou des concrétions bien individualisées, nous avons à faire à des sols beiges sans concrétion ou à des sols beiges à concrétion. Si l'érosion a décapé ces derniers, l'horizon d'accumulation est rapproché de la surface, la terre paraît plus rouge; il se peut également que le fer ayant subi une dispersion, par suite du déséquilibre dû à l'enlèvement des horizons supérieurs, se répande dans tout le profil en modifiant la coloration dans le sens du rouge. Nous avons alors affaire aux sols beige-rouge.

Les sols beiges correspondent d'une part à un lessivage plus accentué que les sols ocre, d'autre part à un climat plus sec ou à une roche-mère moins riche en fer que les sols beiges à concrétions. Ils sont sableux sur tout leur profil et l'accumulation argileuse en profondeur est moins nette.

Les sols beiges sans concrétien s'étendent sur les dunes anciennes depuis le Sud de Kaolack jusque vers Payar dans le Sud du Ferlo. Ils couvrent certains plateaux et sont fréquents dans les vallées où ils n'occupent toutefois que de petites surfaces. L'individualisation du fer sous forme de concrétions nécessite une forte pluviométrie; aussi les sols beiges à concrétions ne dépassent pas beaucoup, au Nord, la frontière de Gambie, ce qui correspond approximativement à l'isohyète 900 mm.

Les sols beiges sans concrétion supportent deux types de végétation habituelle, suivant la pluviométrie du lieu où ils se trouvent.

Au Nord de la voie ferrée, et immédiatement au Sud, c'est le domaine phytogéographique soudano-sahélien à savane arborée. Le pseudo-climax à *Combretum glutinosum* et *Combretum Eliotii*, défini par J. TROCHAIN (26), comporte sur les sols beiges une proportion

moindre de ces deux espèces au profit d'*Anogeissus leiocarpus*. Le tapis herbacé est constitué par un peulement, haut de 1 m. à 1 m. 20, où dominent nettement *Andropogon amplectens et Hyparrhenia* sp. La haute graminée *Andropogon Gayanus* se rencontre rarement; sa présence est le signe, soit d'une plus forte teneur en fer, soit d'une inondation continue de quelque durée. Au Sud de la voie ferrée et en Moyenne et Haute-Casamance, une grande partie des sols beiges sur plateau est recouverte par la bambusaie.

Au Sud-Ouest de Kaolack, la plus forte pluviométrie (900 à 1000 mm) et l'humidité due au voisinage de la mer ont permis le développement d'une végétation soudano-guinéenne et même guinéenne. C'est ici que l'absence de concrétion, sous un climat pourtant humide, pourrait s'expliquer par le caractère particulièrement sableux de la roche-mère et sa faible teneur en fer. La végétation correspond à peu près à celle de la Moyenne-Casamance; *Cordyla pinnata* y est plus fréquent et les espèces suivantes ne sont en quantité notable que dans l'extrême Sud-Ouest (foret de Karang) :

Albizzia aff.*zygia*
Lannea velutina
Hannoa undulata
Hexalobus monopelatus
Detarium microcarpum
Cassia Sieberiana
Elaeis guineensis

Le tapis herbacé est constitué par un peuplement d'*Andropogon Gayanus*. Sous ce climat, il ne correspond donc pas à une plus forte proportion locale de fer.

Les profils varient également un peu suivant la pluviométrie. A 3 km. 500 à l'Ouest de Diakhao-Saloum, à 30 km. au Nord de Kaffrine, sur dunes anciennes très aplaties et peu épaisses au-dessus de la cuirasse ferrugineuse, sous savane forestière, avec une pluviométrie de 650 à 700 mm., il est le suivant :

0 à 3 cm : horizon gris très foncé, sableux,
3 à 12 cm : horizon gris clair sableux,
12 à 90 cm : horizon beige, un peu plus dur,
90 à 110 cm : horizon comportant de petites taches blanchâtres argileuses, entourées par une matière sableuse cimentée devenant ocre plus foncé.

Dans le Niombato, le profil ci-dessous, très lessivé, a été relevé à un kilomètre environ à l'Est de Toubacouta, sous une forêt de savane et avec une pluviométrie de 978 mm.

0 à 25 cm : horizon gris, assez foncé, très sableux,
25 à 45 cm : horizon gris plus clair, un peu beige, transition.
45 à 140 cm : horizon beige presque blanc, très sableux.
Au-dessous : horizon beige-brun plus compact.

Dans cette région, sols beiges et sols rouges sont assez mêlés, sans qu'une loi de leur répartition soit apparue comme c'est le cas ailleurs.

On trouve très irrégulièrement disposés des éléments de cuirasse ferrugineuse. Il est possible que cette dernière recouvrait autrefois tout le pays; fort démantelée, il n'en reste plus grand-chose, car la paroi des puits n'en indique pas; ce qui est demeuré çà et là fut recouvert par les dunes. Mais la cuirasse ferrugineuse semble avoir laissé des traces — si l'on peut parler ainsi — sous forme de sols rouges. Ainsi, à Ker Samba Gueye les parois du puits sont de couleur rouge uni sur plus de 4 m. de haut; au-dessous, on distingue quelques traînées blanches et rouges.

Les sols de transition sont naturellement fréquents. Ainsi, à Pakala (Niombato), le profil est le suivant :

0 à 10 cm : horizon gris assez sableux,

10 à 60 cm : horizon beige sableux,

60 à 110 cm : horizon beige un peu plus rouge; quelques lignes plus rouges très minces; transition très progressive avec l'horizon suivant,

Au-dessous : horizon rouge avec des traces très peu nettes de taches plus rouges.

Emplacement	Profondeur en cm	Graviers et cailloux (*)	Terre fine p 100	Terre fine séchée à l'étuve: Sable grossier p 100	Sable fin p. 100	Limon p 100	Argile p. 100	Calcaire p. 100	Tot. d. élém. minéraux	Humus (*) p. 1000	Chaux éch. p. 1000	Magnésie éch. p. 1000	Potasse éch. p. 1000	pH
3 km. 500 à l'Ouest de Diakhao-Saloum savane forestière	0 à 3	néant	100	40.5	45,9	1 6	9.0	néant	100	2,64				
	3 à 12	»	»	41,3	47.1	2,1	9,5	»	»	2,32				
	40	»	»	44,7	37,0	2,5	15.8	»	»	1,8				
	70	»	»	45,7	35,3	1,6	17.4	»	»					
	100	»	»	39 5	39,0	2,6	18,9	»	»					
Nétté (*) culture d'arachides	0 à 4	néant	100	43,1	45,85	3,4	7,7	néant	100	2,2	0,45	0,18	0,015	7,0
	4 à 15	»	»	43,6	44,9	2,25	9,2	»	»	2,5	0,4	0,11	0,028	6,7
	50	»	»	39,9	38,9	9,0	12,9	»	»	1,2				6,2
	90	»	»	39,6	42,9	2,6	14,9	»	»	1,2				6,3
Coular (*) forêt claire	5 à 20						7,5			6,0	1,39	—	0,03	6,7
	35 à 50						9,5			3,5	1,05	0,44	0,02	6,7
	80						16,7			4,0	1,05	0.54	0.025	6,4

(*) Extraction à la soude.

Une grande partie des sols beiges est cultivée depuis peu, ou non encore défrichée. Très sableux en surface, ils conviennent bien à l'ara-

chide et sont d'un travail très facile, mais présentant des dangers d'érosion éolienne et de destruction de l'humus.

VIII. — LES SOLS BEIGES A CONCRETIONS

Ils couvrent le centre des vastes plateaux de Moyenne Casamance et débordent un peu au Nord du territoire de la Gambie. Ils constituent également les sols de néo-formation sur colluvions des bas de pentes dans ces mêmes régions et en Basse-Casamance où on les rencontre quelquefois en dehors des vallées. Plus au Nord, ils n'existent que dans les bas-fonds, là où la nappe phréatique est proche de la surface au moins plusieurs mois par an.

Ils comportent une accumulation ferrugineuse sous forme de petites concrétions rouges arrondies, cassables à la main, à une profondeur variant de 0 m 50 à 2 m 50. Un peu en dessous du niveau des premières concrétions de très petites masses blanchâtres, de plus en plus serrées jusqu'à former le fond de la matière, constituent l'accumulation argileuse.

Plus profondément, à partir de 2 à 5 m., les concrétions s'étendent mais en devenant plus diffuses, et l'on arrive à un bariolage flou, blanc, ocre, rouge; souvent l'on passe progressivement à une cuirasse non durcie par soudure des concrétions ferrugineuses où les intervalles sont remplis par de l'argile blanche gardant sa plasticité. D'autres fois, on arrive au grès continental terminal sous-jacent sans rencontrer une si forte accumulation ferrugineuse.

Les horizons supérieurs sont sableux avec une proportion notable de limon. La couche grise humifère n'est jamais très foncée, mais assez épaisse : de 20 à 25 cm.

Correspondant à un climat plus humide soudano-guinéen ou même guinéen, la végétation est assez belle. En Basse Casamance, elle peut même constituer une véritable forêt sans tapis herbacé. En Moyenne Casamance, la forêt de savane, aux essences nombreuses et mélangées, fait place par endroits, soit à une végétation dégradée de *Terminalia avicenoïdes*, soit à de petits morceaux de futaie sans sous-bois formés par *Albizzia* aff. *Zygia*.

La bambusaie se rencontre parfois sur ce type de sol; souvent cela correspond, comme pour les sols beiges sans concrétion, à la présence de la cuirasse ferrugineuse à une profondeur médiocre.

Au Nord de la Gambie, plusieurs essences ont disparu ou presque entièrement disparu, ce sont :

Khaya senegalensis
Daniella Olivieri
Albizzia aff. *Zygia*
Ostryoderris Chevalieri
Afrormosia laxiflora
Lannea velutina
Hannoa undulata
Hexalobus monopetalus
Detarium microcarpum
Cassia Sieberiana
Anona senegalensis
Icacina senegalensis

Par contre, *Anogeissus Leiocarpus* est apparu.

Un fait à noter est la fréquence des grandes termitières, dont le nombre peut dépasser 40 à l'hectare.

Sur les plateaux, ces sols sont très sableux, de couleur très claire sur une forte épaisseur. Ainsi, au Sud-Ouest de Pata, à 60 km. environ au Nord de Kolda, on observe le profil suivant :

0 à 25 cm : horizon gris sableux, très meuble,

25 à 60 cm : horizon beige clair sableux, un peu limoneux,

60 à 170 cm : horizon beige un peu plus foncé, sablo-limoneux, plus compact que précédemment,

170 à 200 cm : horizon beige comme l'horizon supérieur, légèrement plus compact. Présence de concrétions rouges arrondies bien individualisées, cassables à la main,

200 à 210 cm : quelques petites taches blanches,

Au-dessous : fond blanchâtre et plus compact. Concrétions rouges plus nombreuses et un peu plus grosses.

Dans les vallées suffisamment larges, des sols beiges à concrétions, se sont formées sur alluvions et colluvions sableuses, un peu limoneuses. Ils sont situés topographiquement plus bas que les sols rouges qui, eux, comme nous l'avons vu, n'ont pas de concrétions. Du fait du ruissellement, les horizons superficiels, lessivés, donc moins riches en argile et en fer, des sols rouges ont été entraînés. Il y a eu petit à petit formation d'une nouvelle roche-mère dans la vallée, qui lessivée au fur et à mesure, a donné naissance aux sols beiges à concrétions.

La transition est très progressive entre les sols rouges, les sols beiges et les sols sablonneux gris clair sans concrétion, au fond des vallées.

Les puits de Pakala, près de la frontière au Sud-Ouest de Koungheul, présentent la coupe suivante :

50 à 0 cm : déblais.

0 à 150 cm : horizon beige uni, sablonneux.

150 à 200 cm : premières concrétions rouges sur fond beige plus clair.

Au-dessous : concrétions plus nombreuses.

Entre Kounkané et Kolda, le long de la route, on observe quelques affleurements de cuirasse latéritique et une succession très régulière de sols rouges sur les hauteurs et beiges en contre-bas, ainsi note-t-on (*) :

0 à 20 cm : horizon noirâtre, humifère, un peu grumeleux,

20 à 65 cm : horizon blanchi, beige, clair, encore un peu gris,

(*) Notes prises par R. MAIGNIEN.

65 à 110 cm : horizon plus foncé, ocre rouge, un peu plus compact,

110 à 120 cm : quelques concrétions ferrugineuses.

Cette disposition alternée est très régulière en Basse-Casamance ou n'affleure que rarement la cuirasse.

Les sols beiges à concrétions des plateaux et des vallées sont franchement acides; le pH près de la surface se tient entre 6 et 6,5; en profondeur, il est compris entre 6 et 6,3; il n'augmente pas au niveau où apparaissent les concrétions ferrugineuses. En Casamance, la comparaison est nette avec les sols rouges :

Types de sols	Emplacement	Profondeur en cm	pH
Sols	Nord-Ouest	0 à 15	6 3
	de Pata	30	6.1
beiges			
	Entre	0 à 12	6.4
à	Bignona	vers 25	6,2
	et	» 60	6,2
concrétions	Sindiane	» 120	6,3
	Guérina	0 à 10	6.1
		vers 25	6.2
		» 160	6.0
		» 265	6.0
	Près de la	0 à 15	7.1
	frontière	25 à 30	6.5
	au	vers 50	6 2
Sols	Nord d'Inor	» 70	6.1
rouges	Près de	0 à 15	6.9
	Balandine	vers 30	6 3
	(subdivision	» 45	6.1
	de Bignona)		

La neutralité en surface est peut-être due au fait que les bases provenant de matières végétales décomposées ou, le plus souvent, brûlées, sont moins vite entraînées dans les sols rouges où le drainage est moins bon.

Au Nord de la limite climatique des sols beiges, il s'en rencontre dans les dépressions lorsque la nappe phréatique est proche de la surface plusieurs mois par an. Ainsi au Nord de Kaffrine, aux environs du bloc de l'arachide, sous une pluviométrie de 650 à 700 mm., plusieurs coupes ont été relevées :

Entre Bôdé et Galoulé, un hémicycle régulier a été probablement formé par un affaissement de la cuirasse ferrugineuse. Vers lui, des traces de ruissellement sont visibles dans un lit peu précis.

Près de là une coupe a donné le profil suivant :

0 à 30 : horizon gris clair, assez forte proportion de sable pur, assez limoneux,

30 à 150 : horizon beige, assez forte proportion de sable fin. Compact assez dur. Rares concrétions rouge foncé, peu solides, assez bien prises dans la masse.

Un trou naturel s'est formé sur le bord de la piste, à peu près à mi-chemin entre Kaffrine et Kouyané, presque à l'endroit le plus bas d'une large vallée peu marquée :

0 à 35 cm : horizon sableux gris clair,

35 à 180 cm : horizon beige très clair, sableux, un peu limoneux,

180 à 400 cm : concrétions rouges, cassables à la main. Entre elles, les grains de sable sont liés par un ciment blanchâtre assez dur.

Sur le bord de la piste entre Diakhao-Saloum et Galoulé, une coupe a été faite, en un point légèrement plus élevé que le bas-fond voisin où il y a des céanes, trous à faible profondeur ayant de l'eau plusieurs mois par an :

0 à 30 cm : horizon gris sableux, un peu limoneux,

30 à 135 cm : horizon assez dur, les grains de sable sont réunis entre eux par un ciment blanchâtre non continu,

135 à 170 cm : début des concrétions rouges; ciment argileux, blanchâtre, à peu près continu.

Résultats analytiques concernant les deux profils précédents :

Emplacement	Profondeur en cm	Graviers et cailloux %	Terre fine p. 100	Terre fine séchée à l'étuve: Sable grossier p. 100	Sable fin p. 100	Limon p. 100	Argile p. 100	Calcaire p. 100	Tot. d. elém minéraux	Humus p. 1000	Chaux éch. p. 1000	Magnésie éch. p. 1000	pH
Sur la piste à mi-chemin entre Kaffrine et Kouyané	0 à 15	2,6	97,4	28,9	52,0	3,2	15,9	néant	100				6,6
	35	6,3	93,7	30,0	45,0	3,1	21,9	»	100				6,2
	vers 200	15,7	84,3	30,1	44,4	5,1	20,4	»	100				6,4
	» 400			31,1	44,1	4,5	20,5	»	100				(***) >7,6
Entre Diakhao-Saloum et Galoulé	0 à 20		100	42,6	45,5	1,8	10,1	néant	100	(**) 2,60	1,17	0,81	6,7
	60		100	27,3	43,8	3,2	25,7	»	100		2,78	1,05	6,4
	110	4,7	95,3	33,0	36,8	2,2	27,2	»	100		1,17	0,97	6,2
	160	(*) 29,4	70,6	40,4	33,0	1,0	25,6	»	100		1,57	0,71	(***) >7,6

(*) Des granules blanchâtres d'argile, durcis par la sécheresse (prélèvement à la fin de la saison sèche) ont été compris dans les graviers et cailloux. La teneur en argile est donc plus forte que ne l'indique le chiffre ici porté. Si le traitement mécanique avait été plus énergique, les concrétions ferrugineuses elles-mêmes auraient été brisées.

(**) Extraction de l'humus à la soude.

(***) La mesure du pH n'a pas été poussée plus loin par manque d'indicateur coloré.

Remarquons la valeur du pH; de la neutralité en surface, il s'abaisse ensuite pour se relever considérablement en profondeur. Lorsque la nappe phréatique ne joue aucun rôle, nous avons vu qu'il n'en est pas de même. Remarquons encore que les valeurs du pH sont plus basses sur ces mêmes types de sols situés plus au Sud sous une plus forte pluviométrie.

Les sols beiges à concrétions du centre des plateaux, très sableux en surface et non soumis à l'érosion par ruissellement, conviennent bien à la culture mécanique de l'arachide, mais pour pallier les effets du fort lessivage et de l'acidité, il y a lieu de maintenir le bon état du complexe absorbant et d'apporter des engrais non acides ou peut être des amendements calcaires, ce qui serait difficile en raison de l'éloignement des gisements.

IX. — **LES SOLS BEIGE-ROUGE**

Leur situation sur les plateaux de dimensions médiocres et sur les rebords des plateaux plus étendus, la présence des mêmes concrétions que précédemment, mais plus près de la surface, la même constatation en ce qui concerne l'horizon argileux, laissent à penser que le ruissellement a entraîné les couches superficielles. Leur couleur rouge plus marquée vient, d'une part, du fait que nous sommes en présence très rapidement des horizons non lessivés ou même d'accumulation, d'au tre part — et c'est moins certain — que le déséquilibre causé par l'érosion a eu pour résultat de remettre le fer en mouvement

Il est possible qu'à leur place aient autrefois existé des sols beiges à concrétion, en un temps où, pour une raison quelconque, l'érosion ne jouait pas; il est également possible que l'érosion soit très ancienne et qu'une sorte d'équilibre se soit réalisé entre elle et le lessivage. Lorsque l'érosion a gagné de vitesse le lessivage, la couleur beige rouge apparaît en surface, la couche humifère n'ayant pas eu le temps de se former. Le plus souvent, ces sols beige-rouge présentent un horizon gris sableux peu épais : 10 cm. environ, puis, en quelques centimètres la couleur grise disparaît, tandis que se développe la couleur beige-rouge; plus bas, la coloration tend vers le rouge et des concrétions rouges et peu dures apparaissent; elles tranchent naturellement sur le fond moins nettement que dans le cas des sols beiges.

Ainsi entre Tiakoye et Solibaly au Nord de Kolda, observe-t-on :

0 à 10 cm : horizon gris assez foncé. sableux,

10 à 15 cm : transition,

15 à 40 cm : horizon beige-rouge assez compact,

Au-dessous : horizon dont la couleur tire sur le rouge avec concrétions rouges cassables à la main.

La végétation est assez semblable à celle des sols beiges à concrétions. On peut noter une plus forte proportion d'*Afrormosia laxiflora*. Quelquefois la bambusaie s'installe.

X. — OBSERVATIONS SUR LA CUIRASSE FERRUGINEUSE

La cuirasse ferrugineuse affleure régulièrement sur les flancs des vallées en Moyenne-Casamance et un peu au Nord de la Gambie. Les deux niveaux, d'une altitude approximative de 20 et de 40 m., sont distincts côte à côte en plusieurs endroits.

A Sarré Yoro, à l'Ouest de Pata, le niveau supérieur forme une table bordée de pentes raides couvertes d'éboulis; à 100 m. de là environ, il n'y a plus d'éboulis mais une nouvelle table, celle-là dominant de moins haut les terrains en contre-bas et s'y raccordant par des pentes plus douces.

A la station agricole située près de Georgetown en Gambie (*), le niveau supérieur forme un plateau qui tombe très brusquement vers la vallée de la Gambie en laissant une butte-témoin; le niveau inférieur est moins net; cependant, il est visible derrière la maison du Directeur de la station et dans une petite carrière au bas des champs actuellement réservés aux cultures fourragères.

Près de Pakala au Sud-Ouest de Koungheul, près de la frontière, le niveau supérieur domine la vallée, assez large en cet endroit; le niveau inférieur apparaît sous forme de quelques blocs peu visibles parce que recouverts de colluvions, sur le bord de la piste, au point où cette dernière traverse une petite vallée affluente.

Entre Fafacourou et Kolda, dans la descente sur Saré Dikel, les deux niveaux apparaissent nettement en formant deux marches d'escalier, la plus rapprochée du fond de la vallée étant la moins marquée.

Le plus souvent, les affleurements des deux niveaux sont peu éloignés ou bien l'un est masqué.

En ce qui concerne le niveau supérieur, il n'est pas seulement visible sur les bords des plateaux. La carte des sols montre dans la partie Est l'ampleur des affleurements de la cuirasse ferrugineuse. En Moyenne-Casamance où les sols beiges à concrétions et les sols beige-rouge recouvrent les plateaux, la cuirasse apparaît fréquemment par petites taches dans les « bowé ».

Ces derniers ont été souvent décrits (4); en Guinée, où le relief est très marqué, ils forment généralement le dessus des plateaux. Ici, des taches plus étendues, sans végétation, déprimées en leur centre rempli d'argile grise ou bleutée, apparaissent çà et là dans la brousse; les eaux de la saison des pluies les transforment en mares.

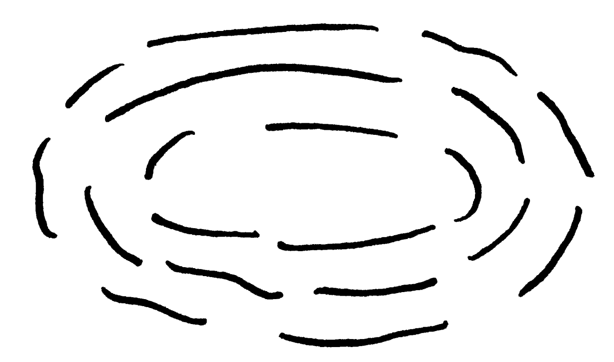
La végétation de leurs bords forme des anneaux concentriques d'espèces différentes. En allant du centre à la périphérie, on rencontre habituellement dans la région située à la hauteur de Pata :

Vetivera nigritiana	*Pterocarpus erinaceus*
Guiera senegalensis	*Combretum glutinosum*
Gardenia erubescens	

(*) Le « Commissioner » de Georgetown fut averti de nos observations en territoire britannique.

Un peu plus au Sud, du côté orienté au Nord et un peu moins exposé au soleil, croissent des arbustes lianiformes à végétation abondante et à feuilles persistantes vert foncé.

Il semble que l'on puisse expliquer la formation de ces « bowé » par un affaissement de la cuirasse. En effet, celle-ci s'incline vers le centre où elle présente des cassures. Il nous a même été donné d'observer, à Sille, des fentes concentriques sur le pourtour d'une petite cuvette oblongue, comme il est indiqué ci-dessous :



L'affaissement une fois opéré, la terre meuble sus-jacente a été entraînée au fond par le ruissellement; le lessivage latéral s'opérant dans les sols voisins sur la cuirasse imperméable en pente, a entraîné l'argile qui s'est déposée au fond.

Ce n'est pas seulement en surface que les observations sont possibles, les puits non cimentés sont une précieuse source de renseignements. Or, lorsque l'ouverture du puits est située plus haut que l'un des deux niveaux de la cuirasse, une accumulation ferrugineuse rouge concrétionnée apparaît plus bas.

Généralement, elle diffère de la cuirasse observée à l'air libre par sa moindre dureté; une partie des hydroxydes de fer et sans doute d'aluminium, conservent encore leur plasticité. Dans ce cas, l'accumulation en partant du sol sus-jacent est presque toujours progressive. Quelquefois la cuirasse est durcie; dans ce cas, la limite supérieure est généralement très nette.

Les observations précédentes : affleurement de la cuirasse ferrugineuse sur le bord des plateaux et dans les « bowé », présence en profondeur dans les puits d'une importante zone de concrétionnement ferrugineux, nous permettent de dire que cette accumulation ferrugineuse profonde existe sous tous les plateaux et qu'elle durcit en se transformant en cuirasse lorsqu'elle est mise à nu, soit par le ruissellement vers les vallées, soit par suite d'un effondrement comme c'est probablement le cas pour les « bowé ».

On peut se demander maintenant si cette accumulation ferrugineuse profonde n'est pas une formation actuelle; le passage très pro-

gressif, souvent observé, des concrétions ferrugineuses isolées des sols beiges certainement actuelles, à la forte accumulation dont il est question, le ferait penser. Il n'est toutefois pas encore possible de l'affirmer.

Quant au passage brusque du sol sous-jacent à la cuirasse, il peut s'expliquer par une ancienne érosion ayant mis à nu la cuirasse, suivie d'un nouvel apport par colluvionnement.

XI. — AUTRES TYPES DE SOLS

Nous arrivons maintenant à des types de sols moins répandus et qui, d'ailleurs, n'ont pas fait l'objet d'observations très poussées.

Sols non lessivés ou peu lessivés.

Ils comprennent, près de la limite Nord de cette étude, des sols bruns et des sols qui leur sont voisins; d'autres pourraient plutôt être rfapprochés des sols brun-rouge (*) . L'étude de ces sols bruns et des sols brun-rouge a déjà été entreprise (12).

Des sols bruns calcaires sur calcaires sableux très tendre existent sur une certaine superficie au Sud de Bambey. A l'Ouest de Ker Co Tiao, la végétation est une steppe arbustive comprenant les espèces ligneuses :

Gymnosporia senegalensis : commun

Acacia seyal (15) : assez commun.

et herbacées :

Schoenfeldia gracilis : formant tapis continu.

Aristida sp. : assez commun.

Leptadenia lancifolia : assez commun.

Le profil est le suivant :

0 à 10 cm : horizon gris un peu brun, structure granuleuse très peu marquée. Quelques rares traces de pseudo-mycélium,

10 à 50 cm : pseudo-mycélium abondant,

50 à 100 cm : pseudo-mycélium moins important. Traînées et taches blanches calcaires,

100 à 115 cm : Les taches blanches deviennent nettement plus dures; début de petits nodules.

Entre les différents horizons, il y a peu de différence dans la couleur qui devient, vers le bas, gris un peu plus clair; la structure est si peu marquée, à part peut-être la partie proche de la surface, qu'il n'est pas possible de distinguer, d'après elle, les différents horizons : l'ensemble est compact.

(*) Ces sols brun-rouge ont été confondus pendant un temps avec les sols châtains

Le dosage du calcaire a donné :

Profondeur en cm.	Co^3Ca p. 100
0 — 10	13,5
30 — 40	18,2
65 — 75	27,3
105 — 115	29,9

Des sols décalcifiés plus noirs correspondent sur les terrains de la station expérimentale de l'arachide de Bambey à un peuplement dense d'*Acacia seyal* beaucoup plus développé que sur sol franchement calcaire.

* * *

Des sols compacts de couleur gris foncé à brun se rencontrent parfois en petites taches sur grès argileux; ainsi en avons-nous vu en pente légère près des vallées, entre Goudiry et Seoudji; ils correspondaient également à un peuplement d'*Acacia seyal* bien développé. La pluviométrie du lieu était comprise entre 800 et 750 mm., la température moyenne entre 28°5 et 29° C.

* * *

Lorsque la cuirasse ferrugineuse est à faible profondeur dans une région autrefois recouverte par des dunes, et lorsque la terre qui la recouvre est suffisamment compacte, il se forme un sol gris foncé, ou même noirâtre en surface, parfois un peu grumeleux, devenant châtain-rouge en profondeur, puis gris très argileux au-dessus de la cuirasse. Visiblement, la couche imperméable qu'elle constitue a arrêté l'argile dans sa migration vers le bas (Bambey, Toubacouta). Ce type de sol existe aussi sous une forme moins humifère correspondant à une plus grande profondeur de la cuirasse. Des mesures de pH effectuées dans ce dernier cas ont montré que la surface était très proche de la neutralité. *Cyperus* sp. s'y développe abondamment après la culture.

* * *

Sur basaltes, dans la presqu'île du Cap Vert, des sols très ferrugineux, rouges dans leurs horizons supérieurs, présentent une forte accumulation argileuse grisâtre au-dessus des gravillons rouges qui se forment par des décompositions du basalte et entre eux jusqu'à ce que le basalte en voie de décomposition occupe toute la masse.

Sur calcaire plus ou moins argileux, dans la région de Rufisque, Sebikhotane, Pout, Thiès, des rendzines typiques et des rendzines profondes ont déjà été signalés (3). Précisions ici que leur répartition est assez complexe

Sols d'alluvions et de colluvions.

Ils sont souvent peu évolués, surtout lorsqu'ils sont argileux. En Casamance cependant, les sols très sablonneux des vallées le sont

davantage. Ils sont gris très clair sur une grande épaisseur et présentent en profondeur une accumulation argileuse et ferrugineuse par tache brunâtre ou ocre en rapport avec la nappe phréatique. En situation un peu plus élevée, l'accumulation argileuse est bien moins forte, les taches ferrugineuses moins marquées, l'horizon supérieur peut être assez humifère. Ainsi le profil suivant a été relevé au Nord de Kolda (*) :

0 à 25 cm : horizon gris humifère.

25 à 38 cm : horizon gris beaucoup plus clair, légèrement beige

38 à 110 cm : horizon gris un peu plus foncé et plus compact,

110 à 138 cm : horizon un peu plus brun, avec éléments plus grossiers, encore un peu compact. Traînées et accumulations ferrugineuses,

Au-dessous : horizon plus clair, très peu compact.

Ce sol est nettement acide.

Profondeur en cm	pH
1 à 11	6,3
25 à 38	6,1
vers 50	6,1
» 90	6,1
» 125	6,0
» 145	6,1

Sols de niayes.

Les niayes sont des dépressions partiellement inondées en saison des pluies situées derrière le cordon de dunes littorales. Le fond des niayes est constitué par un sol organique plus ou moins tourbeux, sans horizons différenciés et de très grande acidité (pH 3,8 environ).

A mesure que l'on s'éloigne du fond de la niaye pour monter vers la dune, le sol devient plus sableux; il a été etudié par S. BOUYER (9) et appelé par lui « dior noir ».

Les sols salés.

Ils sont très développés dans tout le delta du Sine-Saloum et en Basse-Casamance. Ils ont déjà été mentionnés ailleurs (3). Signalons qu'ils doivent leur extension à l'affaissement de la terre par rapport à l'Océan. Toute la côte est coupée de « rias » remontés par la marée, parfois à plus de 200 hm. de leur embouchure. Certains n'ont pratiquement aucun débit par eux-mêmes, comme le Saloum; l'eau salée s'y concentre alors, ce qui facilite l'exploitation de très importants marais-salants (Kaolack); d'autres ont un débit faible, comme la Casamance. Lorsque le débit est plus important, comme celui de la Gambie, la pente est si faible et la largeur si grande (jusqu'à 10 km.), que l'eau salée remonte très loin.

(*) Notes prises par R. MAIGNIEN.

L'envahissement par la mer est très visible près de Fatick; les photographies aériennes montrent très nettement les terrains salés et inondés une partie de l'année, remonter en s'infiltrant entre les anciennes dunes.

C'est dans cette région que des travaux de dessalement ont été entrepris en 1941 par les Services de l'Agriculture (20) en vue d'y développer la culture du riz. L'état de la végétation en aval et en amont des digues, montre aujourd'hui que les terres ont été partiellement dessalées, mais la faiblesse du ruissellement dû aux pluies, surtout au début de l'hivernage, a parfois pour effet d'accumuler des eaux salées.

* * *

Les sols squelettiques.

Ils sont constitués soit par la cuirasse ferrugineuse à nu, soit par des éboulis. soit par la mise à nu par l'érosion du grès continental terminal. Dans ce dernier cas, il y a parfois tendance à la formation d'un nouveau sol. Nous avons pu observer au Nord de Goudiry, sur la piste de Bakel, la remise en mouvement des oxydes de fer jusque là concentrés en nodules et taches rouges dans un milieu grisâtre assez argileux; cela se traduisait par une teinte homogène rouge sur les 50 premiers centimètres.

XII. — CARTE DES SOLS ET POSSIBILITES DE COLONISATION

La carte des sols jointe à ce mémoire n'est qu une carte très approchée. Elle peut indiquer la répartition des différents sols, dans telle ou telle région, mais ne peut servir que d'indication en vue de la mise en valeur du pays. C'est une base de départ. Les cartes topographiques pour la plupart sont d'ailleurs trop peu précises ou erronées; avant de chercher à obtenir une plus grande exactitude, il faudra attendre la fin des travaux actuels de cartographie du Service Géographique de l'A. O. F., en ce qui concerne le Sénégal.

La colonisation, qui est synonyme de culture de l'arachide, s'est beaucoup développée dans les « Terres neuves » au Nord-Est de Kaolack et dans la zone de la voie ferrée. Mais dans cette dernière région, les sols convenables sont de peu d'étendue, et il sera difficile d'augmenter beaucoup les surfaces cultivées. Faisons une exception pour le vaste plateau du Kalonkadougou, situé au Sud de Koungheul et de Koupentoum, et pour quelques zones plus restreintes et beaucoup plus morcelées au Sud de Malène-Hodar également sur des plateaux Mais ces terres ne pourront être peuplées que si des puits profonds sont creusés. C'est cette question de profondeur des puits qui a, sans doute, fait choisir les vallées de préférence aux plateaux.

En Gambie anglaise, plus peuplée, les plateaux, eux aussi, sont habités. En Casamance, même concentration, d'ailleurs très relative, dans les vallées. Mais ici de très grandes surfaces cultivables sur les

plateaux rendent possible une extension considérable de la colonisation. Une bonne pluviométrie facilite le développement des plantes. C'est la région d'avenir beaucoup plus que le reste du Sénégal.

XIII. — LA DEGRADATION DES SOLS

Comme partout en Afrique Tropicale, la dégradation des sols a suivi l'installation de l'homme, mais plus ou moins, selon le degré de civilisation agricole et selon le plus ou moins grand développement de certaines cultures d'exportation.

Les facteurs qui contribuent à la dégradation sont :

les feux de brousse,
l'érosion par ruissellement,
l'érosion éolienne,
l'élevage et la culture extensive.

L'action de l'homme sera étudiée plus loin, aussi ne voyons-nous pour le moment que le côté physique et chimique et remplaçons-nous le paragraphe consacré à l'élevage et à la culture extensive par deux autres : la destruction de l'humus puis l'épuisement chimique.

Les feux de brousse.

Ils ne sont plus à décrire (4) et (12). La longueur de la saison sèche au Sénégal les rend particulièrement nocifs. Le résultat, à longue échéance, est la dégradation de la végétation; le résultat immédiat est la destruction de la couverture du sol, d'où explosion brutale aux rayons du soleil, champ libre à l'érosion et destruction des débris végétaux qui auraient pu se transformer en humus. Il peut même y avoir destruction des matières organiques dans le sol.

L'érosion par ruissellement.

L'érosion par ravinement est la plus spectaculaire, mais l'érosion en nappe est la plus importante. Lorsque l'érosion atteint une certaine intensité, les deux modes d'action vont de pair; aussi distinguerons-nous plutôt l'érosion modérée et l'érosion brutale.

L'érosion modérée sur les sols non cultivés est uniquement une très lente érosion en nappe. Peu à peu, elle enlève les couches supérieures meubles du sol. Si une forte accumulation ferrugineuse existe en profondeur, elle finit par être mise à nu. C'est ce qui s'est produit avec une ampleur considérable au Sénégal, surtout dans sa moitié Est. On peut dire sans exagérer que plusieurs millions d'hectares sont de ce fait impropres à la culture.

La médiocrité de la végétation s'ajoute à la proximité et à la profondeur des vallées pour favoriser l'érosion. Or, la nature du sol étant supposée constante, la pluviométrie et l'humidité atmosphérique sont les deux facteurs principaux qui agissent sur la végétation. L'abondance des pluies a donc une double action contradictoire; d'une part, elle est la cause de l'érosion; d'autre part, elle crée une défense contre cette même érosion.

Les facteurs répartition et violence des pluies ont alors une grande influence, car ils modifient le rapport d'importance entre les deux actions. Finalement, nous pouvons dire que l'ampleur de l'érosion dépend de la hauteur annuelle de pluie, de sa répartition, de sa violence et de l'humidité atmosphérique.

Ainsi, en Moyenne-Casamance où les conditions sont favorables, l'érosion a été plus faible qu'ailleurs.

A pluviométrie et à humidité données, le ruissellement est plus ou moins considérable, selon les qualités du sol, au premier rang desquelles il faut ranger la perméabilité. Un sol possédant une couche imperméable à faible profondeur (cuirasse ferrugineuse, accumulation argileuse) y est fort sensible, tandis qu'un sol perméable sur tout son profil et lui-même sur roche-mère perméable, ou bien un sol à horizons perméables sur une grande épaisseur, en ressentent moins les effets nocifs. Nous sommes donc amenés à en déduire que là où l'érosion a commencé, même sous des apparences bénignes, sans ravinement, simplement par un léger décapage qui rapproche de la surface la couche imperméable, elle ira en s'aggravant de plus en plus vite, à moins qu'un effort judicieux ne l'interrompe.

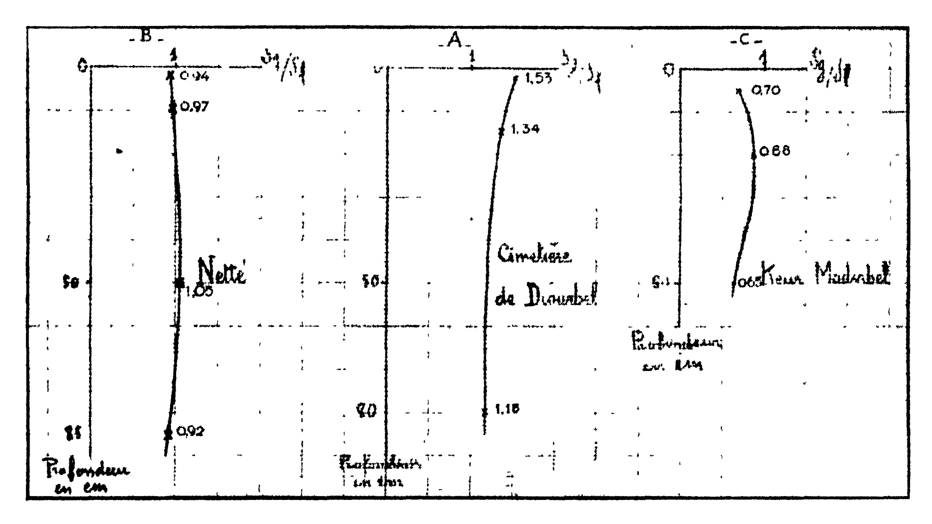
L'érosion modérée par lent décapage sur sols non cultivés semble avoir pour résultat de transformer les sols beiges à concrétions des plateaux en des sols beige-rouge. Si elle est très lente, nous avons vu que le lessivage s'opère en même temps, constituant ainsi un horizon plus meuble et surface en noirci par l'humus qui a eu le temps de se former. Si le phénomène se poursuit, il peut mener à la longue à la mise à nu de la cuirasse ferrugineuse.

Sur sols cultivés, l'effet est accru par suppression de la végétation. Cela est d'autant plus grave que la population se concentre dans les vallées et cultive des sols en pente. A de nombreuses reprises ont été observées des cultures en pentes fortes sur cuirasse à très faible profondeur, 20 cm. parfois; ainsi sur la rive Sud de la Casamance, le long de la route de Kolda, près de Bouhindor, entre Bignona et Marsassoum, et non loin de Pata.

L'érosion brutale a lieu quand le relief et la nature du sol ou de la roche s'y prêtent et que la végétation a été dégradée. L'érosion remontante par ravinement est fréquente dans la cuirasse ferrugineuse sur le côté des vallées. Le ravinement et décapage brutal ont lieu sur les pentes des vallées dans tout l'Est du Sénégal sur le grès argileux et ferrugineux. Des tranches de sols d'une grande épaisseur ont été parfois enlevées; ainsi, au Nord de Koussanar, où de petites falaises de 4 m. de hauteur ont été créées et près de Ribo. Près de Goudiry et un peu plus au Nord, cette érosion s'est produite, formant des surfaces importantes de sols squelettiques réparties en chapelets de chaque côté des vallées, empêchant ainsi toute culture. Il est à remarquer qu'une telle érosion a lieu lorsque le grès est suffisamment argileux.

L'érosion éolienne.

Elle a été étudiée par la Mission pédologique du Sénégal en 1946 (1). Elle est beaucoup moins importante que dans la région de Louga, et elle ne joue un rôle non négligeable que dans la partie Nord de ce qui est ici étudié. Elle se traduit par les mêmes phénomènes : attaque sur les sols les plus sableux, parfois formation de rides, transport du sable fin dans les lieux plus bas, plus à l'abri du vent ou aux endroits où la végétation en réduit la vitesse ou arrête le sable. Le résultat est la perte de la structure et la destruction de l'humus. L'étude du rapport des pourcentages de sable grossier qui reste à peu près sur place, et de sable fin, rapport assez représentatif de l'érosion, n'indique ici qu'une perte assez faible de sable fin en surface, sauf dans quelques cas extrêmes. Au cimetière de Diourbel, par exemple, la valeur du rapport portée graphiquement (A) aux différentes profondeurs donne une courbe orientée à droite vers le haut.



A Netté (B) (sol en bon état : champ d'arachides récemment mis en culture) la courbe est à peu près rectiligne et verticale. A Ker Madiabel (C), où une végétation fournie couvre le sol depuis longtemps et où il y eut vraisemblablement un apport de sable fin, la courbe est orientée à gauche.

Les zones les plus touchées par l'érosion éolienne sont situées entre Thiès et Khombole, autour de M'Backé, et dans une mesure encore moindre, près de Ribo.

La destruction de l'humus.

Les pays tropicaux humides ou subhumides ne sont pas favorables à l'accumulation de l'humus : il y est rapidement détruit sous l'action de la chaleur et de l'humidité dans les conditions naturelles de la végétation. Cependant, les débris végétaux de la forêt de savane ou de la savane forestière sont une source constamment renouvelée d'humus,

de sorte que la teneur se maintient à un chiffre faible mais non négligeable. Ce chiffre varie selon les conditions climatiques et pédologiques. Lorsque la culture s'installe, l'apport des matières végétales est réduit à presque rien et la destruction de l'humus n'est pas compensée par sa formation.

En Basse-Casamance, les précipitations sont abondantes, 1,300 à 1,800 mm. par an; l'humidité de l'atmosphère est forte en raison de la proximité de la mer, de la présence de très nombreux marigots et de la rareté de l'harmattan. Mais la saison des pluies est assez courte : 5 mois. Tel qu'il est, le milieu permet une belle végétation forestière.

L'humus se décompose pendant l'hivernage, mais comme ce dernier n'est pas très long et que l'apport de matières organiques est considérable sous la forêt, l'humus est en quantité assez importante et donne à l'horizon superficiel une couleur grise très foncée et une structure légèrement grumeleuse. Mais, en raison de sa décomposition rapide, sa proportion diminue vite avec la profondeur.

Du rapport de la Mission Pédologique du Sénégal sont extraits les chiffres suivants :

Lieu de prélèvement	Profondeur en cm.	Humus (*) p 1000	Observations
Djimoudié	0 — 10	22,0	terre rouge
	20 — 40	3,9	forestière
Guérina	0 — 10	9,1	terre rouge
	10 — 30	4,7	forestière
Bignona	en surface	8,5	sol cultivé
	en profondeur	4,2	depuis 14 à 15 ans
Bignona	en surface	3,8	sol cultivé
	en profondeur	3,8	depuis 10 à 12 ans
Guérina	en surface	7,3	terre grise
	en profondeur	2,1	forestière
Guerina	0 — 10	4,5	terre grise
	10 — 30	3,1	cultivée

(*) Extraction à la soude

Les sols de Casamance contiennent près de la surface assez peu d'éléments inférieurs à deux μ et parmi eux l'argile au sens minéralogique semble être en faible proportion. L'humus joue donc un rôle important dans le complexe.

La déforestation et la culture sans engrais vert ou fumier amènent une rapide diminution de la proportion d'humus dans le sol.

Dans le reste du Sénégal, la pluviométrie est plus faible qu'en Basse-Casamance, l'humidité moins forte, la destruction de l'humus moins rapide, mais la végétation plus pauvre et surtout les feux de brousse empêchent une accumulation importante de l'humus.

L'influence du déboisement et de la culture est moins immédiatement sensible, mais comme les terres partent d'un état initial moins bon, cela ne veut pas dire qu'il ne faille pas prendre de précaution, ni qu'on ne gagne pas à augmenter la teneur en humus.

En effet, les chiffres ci-dessous (1) montrent nettement l'influence de la culture et de la jachère.

Emplacement	Profondeur en cm.	Humus p. 1000	Observations
1 km. Ker Ma diabel	0 à 10	6,0	Sol
	15 à 25	3,3	forestier
Ker Madiabel	0 à 15	6,6	Sol récemment
	20 à 30	6,3	défriché
Boffe Malène	0 à 5	2,0	Champ d'arachides
	70	1,8	dégradé
1 km. Sud de Gossas	0 à 15	3,0	Jachère
	40	2,6	récente
6 km. Nord de Kaolack	0 à 15	5,0	Jachère
	30 à 40	2,5	ancienne
Giandaye	0 à 3	7,9	Champ
	5 à 20	3,5	près de village

L'épuisement chimique.

Nous ne pouvons que résumer ce qui a déjà été dit (1).

Il est moins important que la destruction de l'humus, si bien qu'une relation n'a pu être établie entre le rendement et la teneur en potasse échangeable. Peut-être la très faible quantité de cet élément dans tous les sols en est-elle la cause et cela n'implique en rien une opinion défavorable sur les engrais potassiques.

Par contre, il n'en est pas de même pour la chaux et la magnésie échangeable.

XIV. — INFLUENCES ET CONSEQUENCES HUMAINES

L'agriculture extensive sur brûlis est caractéristique des pays tropicaux. Un village s'installe, reste quelques années, et puis s'en va les sols une fois épuisés.

Deux régions sont à distinguer : l'Ouest entièrement défriché, hormis quelques forêts classées, le Centre et l'Est où les cultures ne constituent encore que des taches dans la brousse. Dans les deux cas, la dégradation des sols sous l'influence de l'homme est très grave.

Dans l'Ouest, il y a pourtant des races qui pratiquent une agriculture plus économe du sol : tels sont les Sérères et les Diolas. La densité de leur population est très élevée. Peut-être refoulés par d'autres peuples, sont-ils obligés, faute de place, de garder leurs champs. Les Diolas en Basse-Casamance cultivent le riz, le mil et l'arachide. Les Sérères n'ont presque pas de rizières; ils pratiquent une jachère courte et complètent la reconstitution du sol par une fumure apportée par le parquage des troupeaux qu'ils confient à des bergers Peuls. De plus, ménagers des arbres, ils conservent particulièrement une légumineuse: le cadde (*Faidherbia albida*) qui diminue l'action du vent; ses feuilles tombant au début de la saison des pluies ne gênent pas les cultures et enrichissent le sol. Des haies vives protègent encore contre l'érosion éolienne. La densité de la population peut alors atteindre des chiffres très élevés; en quelques points elle dépasse 70 habitants par km. carré.

Les Ouoloffs, au contraire, ne prennent pas les précantions précédentes, ils conservent seulement quelques caddés, ils ont peu de bétail, donc pratiquent peu de fumure. Les étendues consacrées à la culture de l'arachide sont proportionnellement plus fortes, le sol ainsi dénudé après la récolte est très sensible à l'érosion éolienne, et les rendements baissent. C'est la gravité de ces faits qui a motivé la Mission Pédologique du Sénégal en 1946.

Dans le Centre et l'Est du Sénégal, la dégradation, actuellement encore moins répandue, se développe rapidement et prend l'allure d'une dévastation. Pour le moment il y a de la place, donc plus rien ne retient les cultivateurs dans la voie du défrichement. Comme presque partout dans les pays tropicaux, c'est l'agriculture extensive sur brûlis. Un village s'installe, reste quelques années, cultive des champs de plus en plus éloignés et puis s'en va. Il arrive en cours de tournée de rencontrer des « missions de prospection » qui cherchent un nouvel emplacement pour le village. Ainsi, un peu au Nord de Ribo, les trois « envoyés » d'un village Ouoloff purent nous donner les précisions suivantes : aussi loin qu'ils s'en souviennent leur village primitif était Paté Thiangaye, Canton de N'Gandes au Sud de Malène-Hodar; ils avaient du bétail. Ils en partirent il y a trente-cinq ans pour aller s'installer à N'Diao, canton de Matar-Cissé, subdivision de Iésséo (*)

(*) L'orthographe a été fixée d'après la prononciation; elle n'est donc pas garantie.

près de Bathurst, en Gambie anglaise, où ils cultivaient un peu de riz, du mil et de l'arachide. Ils y restèrent environ onze ans. Les différentes familles se dispersèrent. Quelques-unes d'entre elles quittèrent le pays à cause d'une maladie qui attaquait l'homme et le bétail (certainement la maladie du sommeil). Ces familles allèrent à Ida, entre Koungheul et Koupentoum, et y restèrent jusqu'à maintenant (février 1948) soit vingt-quatre ans. Le village compte environ 300 habitants, il y a des bovins que gardent des bergers peuls payés à l'année. Au début, la terre était très bonne, mais maintenant elle est usée. Quand le nouvel emplacement du village sera définitivement fixé, une bonne partie de ceux de la famille restés en Gambie viendront rejoindre leurs parents.

Le village Ouoloff de Boumanki, près de Pata, en Moyenne-Casamance, est installé depuis huit ans; il est important et les défrichements sont considérables. Avant la guerre de 1914, les habitants ou leurs parents étaient installés à Mara et Kano Mambayène, entre Kaffrine et Nioro du Rip. Ils vinrent en Gambie pour fuir la conscription française et habitèrent à Bowé jusqu'à 1940.

Ainsi, pour différentes raisons, mais le plus souvent par suite de l'épuisement du sol, Ouoloffs, Peuls, Sarakollés, Soussous, Mandingues, changent de place. Il y a une expression qui caractérise bien la situation quand la production diminue, ils disent : la terre est trop vieille.

Autrefois, le territoire de la Gambie anglaise fut un pôle d'attraction; la densité de la population y est beaucoup plus forte que dans les territoires français voisins; par contre-coup, la dégradation des sols fut plus rapide; aussi, maintenant, le courant semble se renverser, et les anciens habitants de la Gambie s'installent soit au Nord, soit au Sud. La voie ferrée Dakar-Niger attire également quelque population, mais maintenant s'en éloigne-t-on vers le Nord ou les centres de Guenté Paté, Ribo, Lour, Sille, sont en pleine production pour quelques années.

Les Peuls qui peuplaient presque seuls ces régions il y a 50 ans, sont dépassés en nombre au Nord de la Gambie par les Ouoloffs partis à l'origine du Cayor (Région située entre Louga et Tivaouane) et du Ouallo (Bas-Sénégal); ils se sont considérablement étendus vers l'Est et le Sud, atteignant maintenant la Casamance, et transformant le Sud-Ouest du Ferlo jadis inhabité.

La coupe s'opère à faible hauteur, en sectionnant les petits arbres et en brûlant le bas des gros; cela les tue; l'année suivante, bien desséchés, le feu y est mis à nouveau; ils tombent et se consument lentement à terre. Il n'y a pas de dessouchage, aussi les repousses sont-elles nombreuses. Lorsque les champs sont abandonnés, après un temps relativement court de culture, 5 ans par exemple, la reconstitution d'une couverture arbustive est rapide en Casamance, un peu

moins plus au Nord. Au Sud de la Gambie repoussent surtout *Combretum glutinosum* et *Terminalia macroptera*. La proportion de cette dernière espèce augmente lorsque le climat devient plus humide; au Nord de la Gambie, il n'y a plus que *Combretum glutinosum*. Lorsque la culture a duré trop longtemps, toutes les souches ont été détruites, et la reconstitution d'un couvert arbustif est très lente. Dans un cas comme dans l'autre, il faut des dizaines d'années, peut-être des centaines, avant que la végétation soit redevenue semblable à ce qu'elle était avant le défrichement.

L'élevage est surtout le fait des Peuls. Les troupeaux sont emmenés parfois à de très longues distances du village; ils vivent dans la brousse, en hivernage ils se désaltèrent dans les mares, en saison sèche ils ne s'éloignent pas trop des puits; c'est à ce moment qu'on les fait parquer. Il y a de longues migrations, d'autres beaucoup plus courtes. Exemple de migration saisonnière : les troupeaux de la région de Pata se dirigent en fin de saison sèche vers les vallées rizicoles de Diana Malary. Les bêtes n'appartiennent pas toujours aux Peuls, mais généralement ils les gardent soit pour leur compte, soit pour le compte des autres; ils bénéficient alors du lait.

C'est un élevage extensif dont le but n'est pas la production de la viande, mais la conservation d'un capital et la satisfaction d'un amour-propre. Son rôle possible dans l'amélioration du sol est sinon méconnu, tout au moins mésestimé. Cela n'est pas étonnant puisque la technique agricole locale ne sait pas employer la fumure avec une pleine efficacité, les produits de pacage ne sont pas enfouis. Par ailleurs, il a un rôle nocif dans la brousse en favorisant les feux et en détruisant une partie des repousses d'arbres. Il n'est pas nuisible dans les pays entièrement cultivés où il n'y a plus de végétation naturelle à protéger; tout au plus diminue-t-il un peu la reprise de la végétation dans les jachères.

L'influence des races sur la dégradation du sol a été soulignée; mais un élément peut-être encore plus important au Sénégal est le développement de la culture de l'arachide. En poussant le paysan noir à produire, on ne lui a pas appris à produire plus sur la même surface indéfiniment conservée. Donc, pour produire plus, il a cultivé à mort et défriché davantage. C'était d'autant plus grave que l'arachide est une plante qui, sans précautions spéciales, épuise et dégrade le sol en le laissant nu après la récolte, c'est-à-dire pendant toute la saison sèche.

L'accroissement de la population, lorsque la technique agricole n'est pas suffisamment poussée, a pour conséquence un raccourcissement de la durée des jachères; c'est ce qui s'est passé à M'Backé, avec les Mourides, pour l'arachide; c'est ce qui se passe en Basse-Casamance pour le riz de montagne. Les fourrés de riz doivent avoir une dizaine d'années d'âge lorsqu'on les brûle après les avoir coupés, et la culture du riz suivante ne doit pas être répétée, sinon l'herbe

s'installe et les feux de brousse en saison sèche deviennent inévitables : dès lors la végétation se dégrade et les fourrés, dont la combustion est indispensable pour assurer une bonne récolte, feront place à une savane arbustive. Le mal va en empirant puisque les surfaces à riz de montagne diminuent quand la population augmente, ce qui la pousse à tirer le plus grand parti immédiat du sol.

Le résultat de l'exploitation intensive est la destruction progressive du capital irremplaçable qu'est le sol; la culture nomade pratiquée équivaut à un prélèvement continu

XV. — REMEDES ENVISAGES

Il en est un radical : c'est le passage de l'agriculture extensive à l'agriculture intensive raisonnee.

Agriculture intensive.

Cela comporte un assolement, des apports organiques, des engrais minéraux, des précautions contre l'érosion par ruissellement sur les pentes, contre l'érosion éolienne et contre l'action des rayons solaires. Pour cela, un certain développement du machinisme agricole est indispensable.

Assolement.

Il est pratiqué plus ou moins régulièrement çà et là. Il semble donc qu'il ne soit pas extrêmement difficile de le faire rentrer dans les mœurs; il diminuerait la dégradation du sol consécutive à sa mise à nu après la culture de l'arachide. Les assolements n'ont pas fait l'objet jusqu'à présent d'études suffisamment poussées pour que l'on puisse préciser avec certitude le mieux adapté à chaque circonstance. Il est toutefois possible de dire que la rotation : mil, arachide, engrais vert, convient bien à la presque totalité des sols cultivés du Sénégal.

Apports organiques.

L'importance de l'humus comme absorbant des éléments utiles n'est plus à souligner. Dans des sols très pauvres en argile, comme ceux du Sénégal, elle est capitale.

Ses facultés de mobilisation de l'ion phosphorique retenu auparavant dans des complexes ferriques en font le complément des engrais phosphatés dans un sol où le fer libre est abondant, et cela d'autant plus si l'on se décide à utiliser des phosphates d'alumine de Thiès riches en fer. Il apparaît donc que les essais complexes d'un ou de plusieurs éléments fertilisants, accompagnés d'apports de matières organiques doivent apporter des résultats très intéressants.

Le rôle physique de l'humus est également important. Meilleur rétenteur d'eau que les hydroxydes et même que l'argile et formateur d'agrégats lorsqu'il a absorbé suffisamment d'ions basiques il ameu-

blit les sols qui risqueraient d'être trop compacts et trop durs dès la fin de la saison des pluies. Réunissant les grains de sable, il protège le sol contre l'érosion éolienne au Nord de la Gambie et lui conserve une quantité d'eau précieuse en cas de sécheresse en cours de végétation; il joue aussi un rôle d'amortisseur et supprime les rendements particulièrement bas.

L'humus peut être apporté sous deux formes : ou bien par plantes poussant sur le terrain même, ou par apport de l'extérieur : paille, fumier, compost. Dans le premier cas, les engrais verts au sens habituel ne sont pas seulement envisagés; les débris végétaux des cultures doivent être utilisés au maximum en étant incorporés à la terre au lieu d'être brûlés. En brûlant, certes, l'effet fertilisant est plus rapide, mais il est au total moins important; si par ailleurs on emploie les engrais minéraux, l'avantage du brûlage n'existe plus. Un inconvénient est alors la présence de ces débris — des tiges de mil presque toujours — au moment de la culture suivante supposée effectuée mécaniquement. Il y aurait donc lieu de les sectionner par un passage de « rolling stolk cutter » juste après la récolte lorsqu'elles ne sont pas complètement desséchées, et de les enfouir au moment de la préparation des semis au début de la saison des pluies suivantes

Les engrais verts sont déjà largement utilisés dans les pays tropicaux; le Sénégal est en retard à cet égard. Il est vrai que la brièveté de la saison des pluies, l'absence totale de précipitations pendant le reste de l'année et les vents très chauds et très secs, ne laissent que très peu de temps à la plante pour couvrir abondamment le sol. L'enfouissement est aussi un problème : aux dernières pluies permettant le travail du sol — et on ne sait jamais quand ce sont les dernières, — l'engrais vert n'a pas toujours atteint son plein développement; d'autre part, le sol restera dénudé après l'opération. Si l'enfouissement a lieu l'année suivante aux premières pluies, il y aura souvent très peu de temps pour effectuer ce travail, et si la plante a séché, il y a risque de feu et l'enfouissement d'un produit très lignifié présentera peut-être des difficultés. D'une manière générale, ces dernières sont moins grandes lorsque le climat devient plus humide.

Quels résultats ont donné les quelques essais effectués et que peut-on en envisager ?

Pennisetum sp. (mil souna précoce) pousse très rapidement et très abondamment; *Mucuna utilis* se développe bien, à condition d'avoir un tuteur, mais beaucoup plus lentement; *Dolichos biflorus* pousse assez vite, mais ne produit pas une très grosse quantité de matière végétale; *Sesamum indicum* en donne beaucoup, mais sensiblement plus tard que le mil Souna et la levée est souvent irrégulière; *Cassia tora* a une croissance assez bonne; *Cajanus indicus* est lignifié, sa croissance est assez bonne, mais le couvert du sol n'est pas très fourni, il résiste bien à la sécheresse; *Crotalaria juncea* pousse mal

dans le Nord, très bien dans le Sud; les variétés de *Vigna sinensis* (niébés) sont très intéressantes; des niébés précoces fournissent rapidement un bon couvert, des niébés tardifs continuent à se développer en saison sèche; il en est un qui la traverse entièrement.

Sans qu'il soit possible d'être très affirmatif ni très précis, les systèmes suivants sont à essayer, sans garantie de succès :

Dans les régions les moins pluvieuses et où la saison des pluies est la plus brève :

1) Dans le cas d'une agriculture fortement mécanisée : mil hâtif semé aux toutes premières pluies ou même auparavant, si elles tardent. Enfoui vers le 20 août.

Niébé tardif dit « Mandjaque Casamance » semé aussitôt après, enfoui l'année suivante aux premières pluies de l'hivernage.

2) Dans le cas d'une agriculture faiblement mécanisée : l'enfouissement du mil à la charrue à traction animale est possible seulement lorsqu'il est jeune; on peut donc l'enfouir plus tôt, mais la terre recevra beaucoup moins de matières végétales; ou bien semer le mil hâtif plus écarté, plus tard semer le niébé entre les lignes, effectuer la récolte, arracher et couper les tiges. On peut penser que les tiges de mil pourriront en partie sous la végétation des niébés et qu'une simple charrue à traction animale à coutre circulaire, pourra enfouir le tout au début de la saison des pluies suivante. L'avantage de ce système serait de permettre une récolte et un engrais vert en une année.

Dans les régions de climat plus humide, comme la Casamance, la combinaison de deux engrais verts est plus facile à réaliser On peut essayer :

— *Vigna sinensis*, une variété hâtive, puis une variété tardive,
— *Crotalaria juncea*, puis *Vigna sinensis*, une variété tardive,
— *Cajanus indicus*, » » »
— *Cassia tora*, » » »
— *Mucuna utilis* et *Cassia tora* (ce dernier pour servir de tuteur), puis *Vigna sinensis*, une variété tardive,
— *Sesamum indicum*, puis *Vigna sinensis*, une variété tardive.

Les légumineuses apportent généralement plus d'azote que les autres plantes; ces dernières ne sont intéressantes que si elles ont un très fort développement.

Le fumier suppose un lieu où l'on rentre les bêtes, ensuite des moyens de transport pour l'amener aux champs. Ces conditions supposées remplies, et son obtention convenable, il pourrait peut-être, en plus de son rôle fertilisant de premier ordre, être une source d'énergie à bon marché. La production de gaz de fumier est maintenant au point en Afrique du Nord et en France; pourquoi ne l'essayerait-on pas en Afrique tropicale ?

Le pâturage sur place d'une plante fourragère, servant en même temps d'engrais vert, ou des débris végétaux laissés après la récolte, peut être avantageux à la fois pour le bétail et pour les cultures à venir.

L'enfouissement de paille, en raison de la rapide décomposition des matières organiques, peut être à retenir si l'on ne veut pas consacrer une année aux engrais verts; ce procédé semble cependant moins intéressant.

Les coques d'arachides se décomposent très lentement; elles ne semblent pouvoir donner des résultats sensibles que dans un pays humide comme la Basse-Casamance.

Apports minéraux.

Les phosphates d'alumine et de chaux, dont des gisements commencent à être exploités à Thiès, ne seront économiquement utilisés dans ces sols souvent riches en fer libre que si la teneur en humus est forte. Cela a été mis en évidence par R. CHAMINADE pour des sols latéritiques rapportés de Madagascar (11); sa conclusion est la suivante : « l'efficacité de la fumure phosphatée dans les sols latéritiques se trouve liée à la présence d'humus. Les techniques culturales doivent, dans ces sols où la destruction de la matière organique est intense, être orientées vers le maintien de leurs réserves humiques. » Cela n'est probablement pas très différent dans d'autres types de sols tropicaux où le fer joue un rôle actif important.

Le sulfate de potassium, moins soluble que le chlorure, filtre cependant très rapidement à travers les sols sableux, l'ion K^+ rétrograde très vite; là encore, l'humus joue un grand rôle en améliorant le complexe absorbant.

L'azote apporté par les engrais verts suffira peut-être pour le mil; l'arachide, elle, répond peu aux engrais azotés.

Le calcaire finement broyé, à la fois amendement et engrais, plus que la chaux, améliorera probablement le rendement, surtout dans les sols trop acides.

Les cendres de coques d'arachides ne sont pas utilisées; ce serait pourtant un engrais très bon marché.

Le résultat à obtenir en employant les engrais est que le bénéfice supplémentaire soit nettement visible, de façon à être accepté facilement par les cultivateurs. Or, c'est favoriser l'avocat du diable que de faire des essais sans enrichissement préalable du sol en humus.

Précautions contre l'érosion.

Le Sénégal et un pays plat, aussi la lutte contre l'érosion par ruissellement ne passe-t-elle pas au premier plan. Cependant, les champs en pente, car il y en a tout de même, surtout lorsqu'ils sont nus au moment des premières pluies, la favorisent grandement; elle dépend alors pour une bonne part du type de sol; pour presque tous, malgré la forte proportion de sable du sol, leur mauvaise structure les rend peu perméables lorsqu'ils sont gorgés d'eau sur quelques centi-

mètres d'épaisseur. L'érosion par ravinement a souvent pour origine des pistes — qu'elles soient pour piétons ou pour automobilistes — leur établissement dans les descentes devrait donc s'entourer de quelques précautions. L'érosion en nappe est de beaucoup plus fréquente. Il n'y a qu'à appliquer les remèdes classiques : haies suivant les lignes de niveau; travail du sol suivant ces lignes; et, au moment des premières pluies, cultures en bandes. De plus, si le sol est mieux pourvu en humus et en produits minéraux qui saturent le complexe, la perméabilité et la rétention de l'eau sont augmentées et l'érosion diminuée d'autant.

Cette lutte contre l'érosion par ruissellement doit surtout être menée là où les pluies sont fortes, le relief sensible et les sols moins perméables, autrement dit au Sud et à l'Est.

L'érosion éolienne n'est visible qu'au Nord de la Gambie; des brise-vent s'imposent; c'est ce qui est en cours de réalisation au premier bloc de culture mécanique de l'arachide près de Kaffrine. La difficulté est, dans la partie Nord, de trouver de bons brise-vent; *Prosopis juliflora* et *Cassia siamea* semblent les plus indiqués. Etant donné que ces arbres ne prendront pas un développement considérable, la distance de 150 m. entre les brise-vent serait préférable à celle de 200 m. actuellement choisie; il vaut mieux, si l'on veut économiser le terrain, diminuer un peu l'épaisseur des rideaux d'arbres prévue de 40 mètres, à condition qu'ils soient suffisamment touffus.

Les bandes boisées sont à établir également plus au Sud.

La couverture du sol, même légère, protège efficacement contre les effets du vent; il y a donc lieu, dans la mesure des possibilités, de laisser le maximum de débris végétaux après la récolte, ils protègent également le sol contre l'action des rayons solaires; une culture d'engrais vert maintenue en saison sèche a encore un meilleur résultat. Comme il a déjà été dit, là aussi l'humus joue son rôle en agrégeant les grains de sable : il diminue les chances d'érosion.

Agriculture extensive.

Des remèdes partiels existent sans transformation complète de l'agriculture; ils sont moins efficaces.

Un temps maximum de culture sur le même champ, de même qu'un temps suffisant de jachère doivent être respectés. Cela limite la densité de la population.

La culture doit être interdite dans certaines zones où la dégradation des sols risquerait d'être trop rapide, en particulier sur les pentes et lorsque la cuirasse est à faible profondeur à proximité des vallées.

Par contre, l'installation de la population doit être favorisée dans d'autres, en particulier sur les plateaux sans cuirasse. Or, la population a tendance à s'installer dans les vallées; il arrive que ce soient

les seules terres dépourvues de cuirasse, mais bien souvent ce n'est pas le cas; la moindre profondeur des puits doit en être la cause, comme cela vient d'être signalé; il y aurait donc lieu de mettre sur pied toute une politique de creusement de puits ou de forages profonds à des endroits soigneusement choisis au point de vue de la conservation des sols. Ce qui est dit pour la culture l'est aussi pour l'élevage; il ne faut pas que les animaux passent et repassent, en allant aux puits, dans des zones en danger de dégradation et qui devraient être soigneusement préservées.

Ce rôle de protection appartient aux réserves forestières. A part la Basse-Casamance, peut-être le Niombato et quelques situations très spéciales, comme le long de la voie ferrée, la forêt a beaucoup plus une valeur de protection qu'une valeur directement économique; même sur de bonnes terres, elle ne rapporte rien ou presque rien. Il semble donc naturel de cantonner les forêts dans les terrains dont on ne peut tirer aucun autre parti et les zones peut-être meilleures dans l'immédiat, mais dont la protection est nécessaire. Cela ne tend pas à vouloir diminuer leur étendue, bien au contraire, car les surfaces impropres sont malheureusement considérables et dépassent de beaucoup actuellement celles des forêts classées. Il est donc à souhaiter que ces dernières se développent, mais en tenant compte des caractéristiques des sols, et abandonnent certaines zones reconnues aptes à la culture sans précautions spéciales.

Il est inutile de souligner combien, tant pour l'installation des villages, le creusement des puits et les mesures de protection à prendre, que pour la délimitation des réserves, une carte des sols, précise, est indispensable. Ce devrait être l'A. B. C. de toute colonisation agricole. Pour cela, il faut d'abord des cartes topographiques exactes; le Service Géographique de l'A. O. F. est en train d'y travailler, mais en ce qui concerne la région ici étudiée, il n'aura vraisemblablement pas terminé avant plusieurs années. La cartographie des sols devra donc suivre la parution des feuilles. Il faut pour cela une équipe de pédologues, pas nécessairement très nombreuse, mais disposant de moyens appropriés et assez libre dans ses mouvements. Cette équipe pourra d'ailleurs ne pas être uniquement consacrée à la cartographie, mais s'occuper aussi de la mise au point des méthodes de protection des sols.

La carte jointe à ce travail permet de connaître approximativement les étendues à cultiver ou à mettre en réserve, mais les tracés sont trop imprécis pour qu'on s'en serve en vue de délimiter telle ou telle zone. C'est une ébauche qui prépare et facilite le travail plus précis dont il vient d'être question et qui devrait aboutir dans les régions de colonisation à la création de cartes au 1/200.000^{e}.

En attendant, il serait souhaitable que les surfaces classées se développent, mais avec la possibilité de céder éventuellement du terrain aux cultivateurs s'il est reconnu apte à la culture.

CONCLUSION

Le cadre délimité à gros traits, les différents types de sols de la moitié Sud du Sénégal ont été étudiés : cuirasse ferrugineuse, sols à profil complexe, sols rouges, en relation avec la cuirasse, forment un premier ensemble, dans une certaine mesure indépendante du climat; sols ocre et sols à lignes d'accumulation, sont caractéristiques des régions assez sèches, bien que le deuxième type, en raison de sa texture, soit assez lessivé; la série des sols beiges sous climat plus humide revêt une grande importance, car ils constituent la presque totalité des bonnes terres disponibles; l'accumulation ferrugineuse qu'ils présentent en profondeur nous a permis de rapprocher ce fait de la formation des cuirasses. Les autres types de sols présentent moins d'importance. La carte des sols, résultat des prospections effectuées à plusieurs reprises, de février 1946 à juillet 1948, et qui n'avaient qu'accessoirement pour but de la dresser, permet de se faire une idée de leur répartition sans que l'on puisse considérer les limites tracées comme définitives, loin de là. Elle permet tout de même de situer les zones où pourra se développer la colonisation

La dégradation des sols par suite des feux de brousse, de l'érosion par ruissellement, de l'érosion éolienne et de la culture extensive actuelle, a été rapidement étudiée; puis l'influence de l'homme et les remèdes à envisager.

Ces derniers sont à séparer en deux : d'une part la pratique d'une agriculture intensive raisonnée; d'autre part, une série de précautions et de travaux préliminaires, tels que carte des sols précise au 1/200.000" et mise en réserve forestière de tous les terrains jugés impropres à la culture dans le cas d'une agriculture restée extensive et qui le sera certainement pour de nombreuses années.

La mise au point et le développement d'une agriculture intensive semblent constituer la seule solution pleinement efficace. Elle est techniquement réalisable à condition qu'elle soit mûrement préparée, car le comportement des sols et des végétaux n'est pas du tout le même sous les tropiques qu'en zone tempérée. La question de l'humus semble la principale, passant même avant celle des engrais minéraux (*).

Mais ce n'est pas seulement une question de technique, c'est avant tout une question humaine.

(*) Citons J. Baeyens (5) : « Nous sommes ainsi amenés a mettre les constantes chimiques d'un terrain au bas de l'échelle d'importance des facteurs pédologiques qui régissent la fertilité d'un sol tropical en général.

» Le problème de la pédologie tropicale appliquée à l'agriculture est, à l'heure actuelle, avant tout un problème de diagnostic judicieux et de conservation du sol plutôt que son amélioration, coûteuse et problématique, par les engrais chimiques. Cette conservation du sol est étroitement liée à la présence et à la conservation de la matière organique ».

BIBLIOGRAPHIE

1. AUBERT (G.), DUBOIS (J.), MAIGNIEN (R.). — *Rapport de la Mission pédologique du Sénégal en 1946.* Non publié. Inspection Générale de l'Agriculture. Dakar, 1948.

2. AUBERT (G.), DUBOIS (J.), MAIGNIEN (R.). — *L'érosion éolienne dans le Nord-Ouest du Sénégal.* C. R. Conf. de pédologie méditerranéenne 1947. Paris, 1948.

3. AUBERT (G.), MAIGNIEN (R.). — *Les sols du Sénégal au Nord de la Gambie Britannique.* C. R. Conf. de pédologie méditerranéenne 1947. Paris, 1948.

4. AUBRÉVILLE (A.), — *Erosion et bovalisation en Afrique Noire Française* L'Agronomie tropicale, II; n° 7-8, 1947.

5. AUBRÉVILLE (A.). — *La Casamance.* — L'Agronomie tropicale, III, n° 1-2, 1948.

6. BAEYENS (J.). — *Les méthodes d'examen des sols tropicaux et subtropicaux.* Conf. de pédologie méditerranéenne 1947 Paris, 1948

7. BESAIRIE (H.). — *Notes de pédologie tropicale* Service des Mines de l'A.O.F Dakar, 1945 (non publié).

8. BOUFFIL (F.). — *Quinze ans d'essais d'engrais* Station Expérimentale de l'Arachide. Bambey, 1943 (non publié)

9. BOUYER (S.). — *Rapports du laboratoire de chimie du Secteur Soudanais de Recherches Agronomiques.* Bambey, 1942, 1943, 1944

10. CHAMINADE (R). — *Sur le dosage de l'humus* C. R. Ac Agr. 1946

11. CHAMINADE (R.) — *Influence de l'humus sur l'assimilabilité des engrais phosphatés dans un sol latéritique.* C. R. Conf de pédologie méditerranéenne 1947. Paris, 1948

12. CHEVALIER (Aug). — *Sur la dégradation des sols tropicaux causée par les feux de brousse et sur les formations végétales régressives qui en sont la conséquence.* C R. Acad Sci. CLXXXVIII, 26 déc. 1928, pp. 84-86

13. CHEVALIER (Aug.). — *Amélioration et extension de la culture des arachides au Sénégal.* Rev. Bot. Appl. et d'Agr. Trop 1947, n° 295-296.

14. CHEVALIER (Aug.). — *La lutte contre l'ensablement par l'établissement de haies de Salane (Euphorbia balsamifera* AIT.) Rev. Bot appl. et Agr Trop. 1947, n° 301-302.

15. CHEVALIER (Aug.). — *Nouvelles remarques sur les Acacias africains du groupe* A. Seyal. Rev. de Bot Appl et Agr Trop. 1947, n° 301-302.

16. CHEVALIER (Aug.). — *Points de vue nouveaux sur les sols d'Afrique tropicale, sur leur dégradation et leur conservation. Origine et extension des latérites et des carapaces ferrugineuses. Lutte contre la stérilisation des sols africains.* Rev. Bot. Appl. et Agr. Trop. 1948, nos 303-304 et 305-306.

17. HUBERT (H.). — *Le dessèchement progressif en Afrique Occidentale.* Bull. Comité Etudes Historiques et Scientifiques de l'A.O.F. n° 4 (oct.-déc. 1920). Dakar, pp. 401-467.

18. KILLIAN (C.). — *Une variation de climat dans la période historique : le dessèchement progressif du Sahara depuis l'époque précameline et des Garamantes.* C. R. Somm. Séances Soc. Géol. n° 9, 7 mai 1934, pp. 110-111.

19. MAIGNIEN (R.). — *Morphologie et extension des sols bruns et des sols châtains au Sénégal, Mauritanie et Soudan.* C. R. Conf. des sols de Londres, 1948.

20. MASSIBOT (A.) et CARLES (L.). — *Les tannes de la région de Fatick (Sénégal).* L'Agronomie tropicale, 1947.

21. REFORMATSKY (N.). — *Quelques observations sur les latérites et les roches ferrugineuses de l'Ouest de la Colonie du Niger Français.* Bull. Soc. Géol. France, Paris, Sér. 5, V, fasc. 8-9, 1935, pp. 575-589.

22. SAGOT (R.). — *Etudes sur la régénération des sols et sur l'influence des engrais et des amendements calcaires sur le mil et l'arachide.* Bull. Comité Et. Hist. et scient. A.O.F. XVIII, I, janvier-mars 1935.

23. SCAËTTA (H.). — *Les types climatiques de l'Afrique Occidentale Française; leur rapport avec l'évolution du sol tropical.* La Météo, 3e série, n° 19, janv.-février 1939, pp. 39-48.

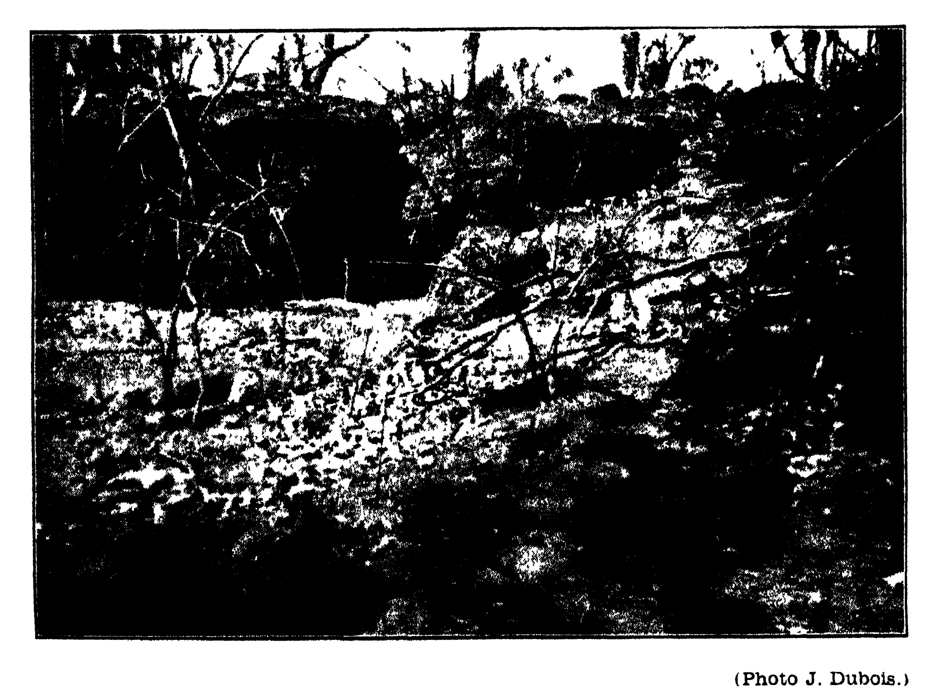
24. SCAËTTA (H.). — *Sur un phénomène d'expurgation allitique du sol tropical en Afrique Occidentale.* — C R. Acad. Sc., CCVIII, n° 12, 20 mai 1939, p. 912.

25. SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'A O. F. — *Carte géologique de reconnaissance 1/1.000.000* Feuille Dakar-Ouest et Dakar-Est Dakar 1943.

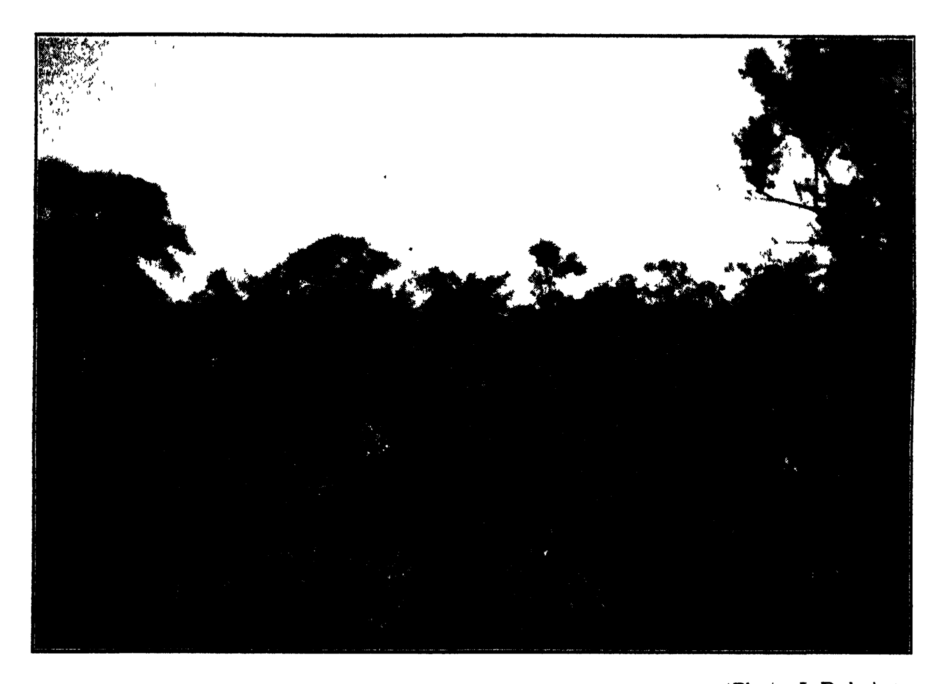
26. TROCHAIN (J.). — *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal.* Thèse, Larose, Paris 1940.

27. WELTER. — *Mémento du Service Météorologique de l'A.O. F.* Rufisque, 1941.

(Photo J. Dubois.)
FIG 1. — Hémicycle formé par affaissement de la cuirasse ferrugineuse, vu de face. Nord de Kaffrine



(Photo J. Dubois.)
FIG. 2. — Détail de l'hémicycle précédent montrant la cuirasse ferrugineuse.

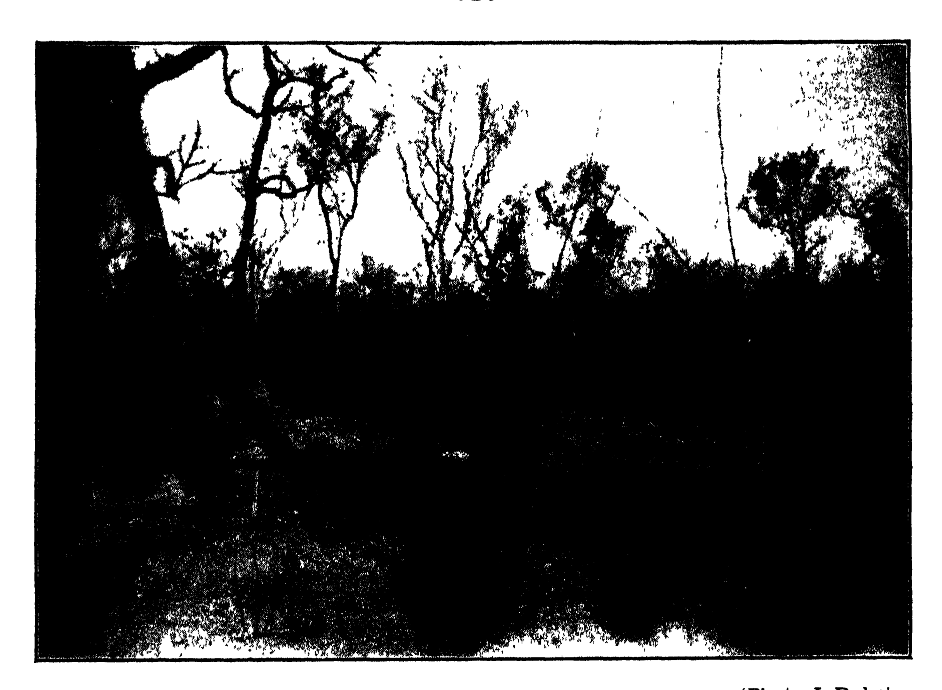


(Photo J. Dubois.)

Fig. 3. — Paysage au centre de Ferlo à la fin de l'hivernage. Tapis herbacé formé d'*Andropogon amplectens* et d'*Hyparrhenia* sp.

(Photo J. Dubois.)

Fig. 4. — *Combretum glutinosum* et *Combretum Eliotii* sur cuirasse au Nord de Kaffrine.



(Photo J. Dubois.

Fig. 5. — Végétation sur sol beige au Nord de Kaffrine.

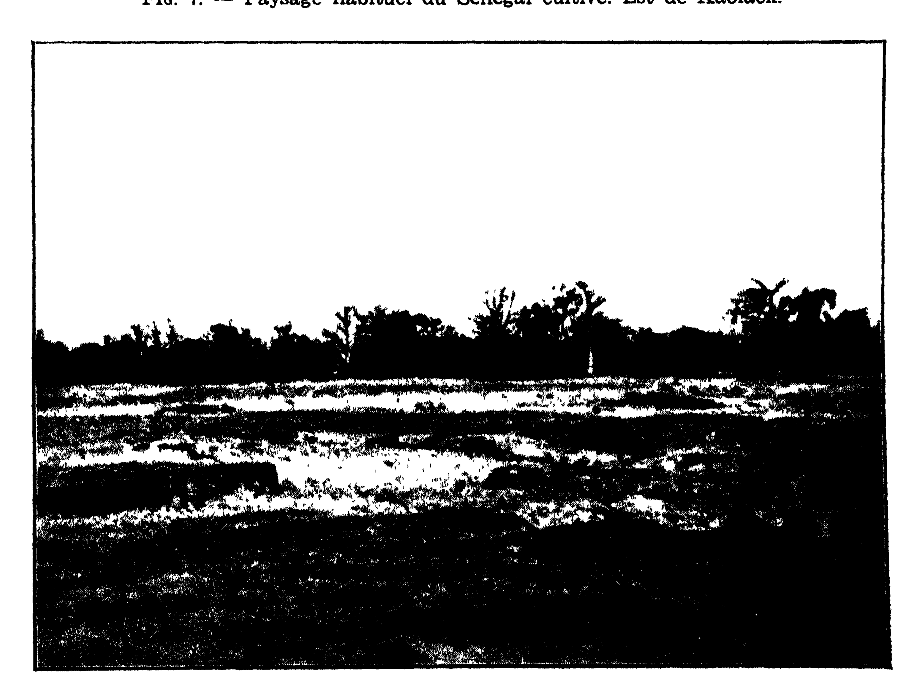


(Photo J. Dubois.)

Fig. 6. — Anciens champs cultivés abandonnés, sur lesquels la reconstitution végétale est difficile; au fond, *Sterculia setigera;* à droite et à gauche, arbustif : *Guiera senegalensis.* Nord de Kaffrine.

(Photo J. Dubois.)

Fig. 7. — Paysage habituel du Sénégal cultivé. Est de Kaolack.



(Photo J. Dubois.)

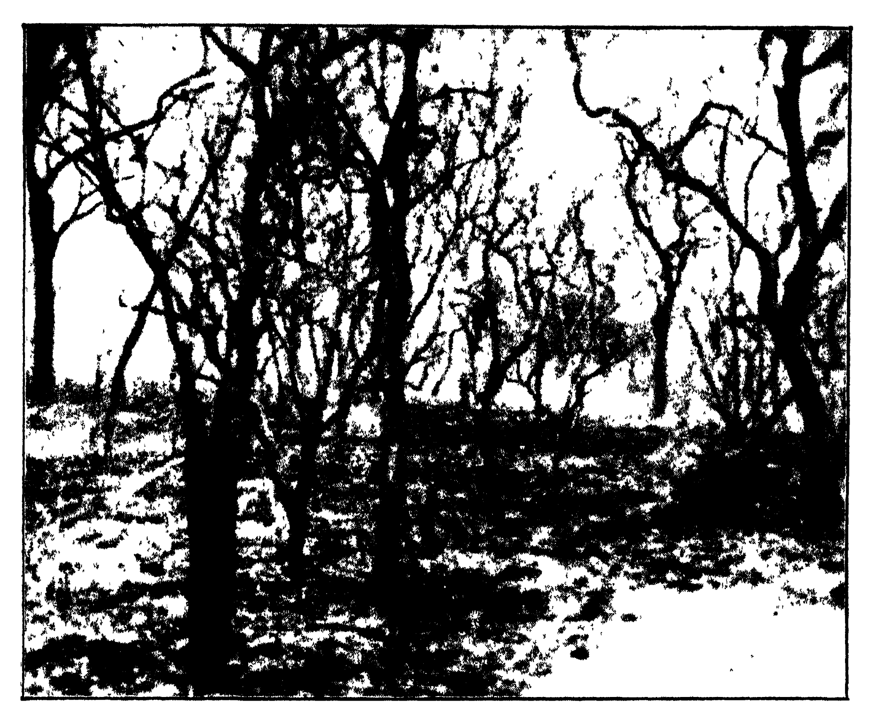
Fig. 8. — Un « Bowal ».

(Photo R. Tourte.)

Fig. 9. — Traces d'anciennes racines sur la cuirasse du Bowal de Sille au Nord de Koupentoum

(Photo P. Bouchet.)

Fig. 10. — Feu de brousse en Casamance, au Nord de Kolda.



(Photo P Bouchet)

FIG 11 — Feu de brousse en Casamance au Nord de Kolda

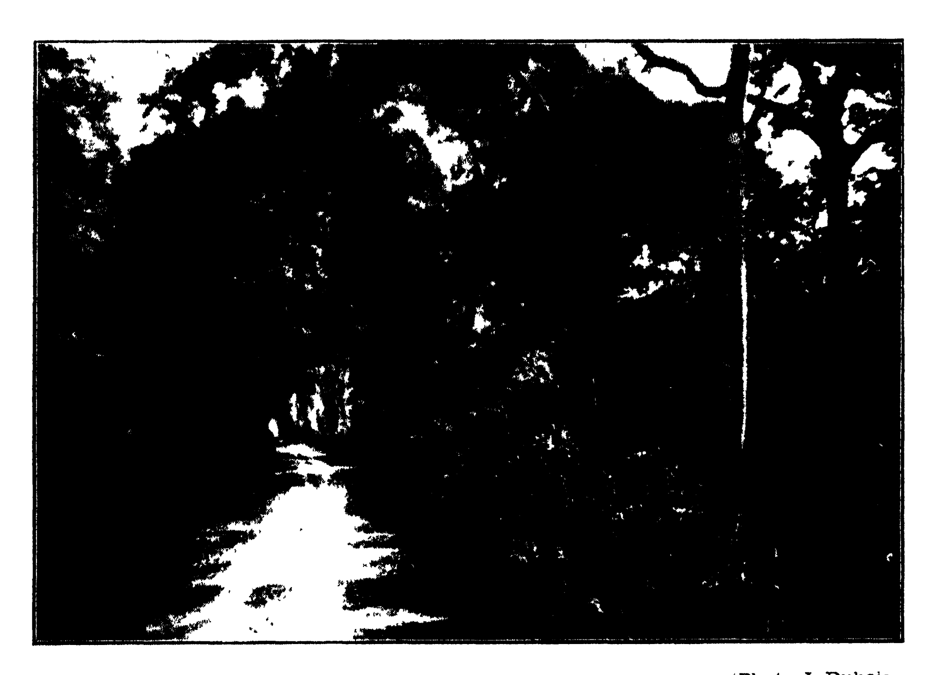


(Photo J. Dubois.)

FIG. 12.

Défrichement en Basse-Casamance.

Au fond : *Khaya senegalensis*.



(Photo J. Dubois

FIG. 13. — La végétation naturelle à proximité de l'emplacement que représente la photo précédente.



(Photo J. Dubois.)

FIG. 14. — Troupeaux près des puits. Noter l'influence sur le sol.

(Photo J. Dubois.)

Fig. 15. — Erosion due à la présence d'une piste (Sud-Ouest de Matam).



(Photo J. Dubois.)

Fig. 16. — Erosion due à la présence d'une piste entre M'Backé et Sadio.



(Photo P Bouchet

FIG 17. — Erosion sur le flanc de la vallée du Saloum, près de Ribo.

Méthode de prospection et de cartographie des sols employée au Sénégal pour la recherche des terres à arachides

par

J. DUBOIS,
Chef de travaux des Laboratoires de l'Agriculture aux Colonies,
Pédologue du Secteur Soudanais de Recherches Agronomiques.

Le plan de développement des oléagineux dans les territoires d'Outre-Mer prévoit, au Sénégal, la culture mécanique de l'arachide sur 200 000 hectares de terres à défricher. Les quatre conditions à réaliser sont les suivantes :

— pluviométrie convenable,
— bonne qualité du sol,
— proximité d'un moyen économique d'évacuation.
— non occupation du terrain par les autochtones

Cela limitait les superficies à retenir; il important donc de les déterminer, sinon avec précision, du moins avec une approximation permettant l'implantation des travaux dans telle ou telle région.

A cet effet, la Mission de prospection des terres à arachides fut créée en février 1948. Malgré quelques difficultés provenant du matériel, et bien que son personnel fut réduit par suite des besoins des Services de l'Agriculture, elle termina son travail en juillet, gênée d'ailleurs par les premières pluies.

Les stades de l'investigation furent les suivants : connaissance du pays; étude des photographies aériennes; prospection d'ensemble; prospection aérienne; étude de détail.

Connaissance du pays.

Avant tout, il convient de connaître dans ses grandes lignes les types de paysages, l'aspect et la nature de la végétation, la topographie, le relief, l'hydrographie, la géologie et naturellement il faut acquérir des idées sur les types de sol et leur répartition. Les éléments humains : population, races, agriculture, importance économique, ne sont pas à négliger.

Bref, il faut s'être familiarisé d'après les cartes et *de visu* avec la géographie.

Cette première condition fut réalisée au cours des années 1946 et 1947 par l'un des membres de la Mission Pédologique du Sénégal,

chargé par la suite de l'organisation sur le terrain de la Mission de Prospection des terres à arachides.

Etude des photos aériennes.

Le Service Géographique de l'A.O.F. possède des cheminements américains et français, malheureusement encore incomplets.

Les photos sont prises à 6.000 m. d'altitude et leur échelle est voisine de 1/40.000e.

C'est exactement ce qui convient, d'une part parce qu'elles donnent une vue d'ensemble suffisante pour nous repérer dans un pays sans points remarquables; d'autre part, parce que des caractéristiques ayant trait à des surfaces assez vastes n'apparaissent pas à basse altitude. Ainsi, lors de la prospection aérienne, nous avons constaté que le modèle dunaire des environs de Kaolack ne devenait visible que lorsque l'avion s'élevait, et pourtant le système dunaire est extrêmement net sur les photes aériennes. Bien des particularités le sont moins, celles, par exemple, visibles sur les photos, que nous n'avons pu déceler à 1.500 m., plafond de notre appareil.

Les photos sont des carrés de 22 cm. 8 de côté, prises avec F-6.

En partant de là, les ateliers de photogrammétrie du Service Géographique obtiennent une mappe au 1/40.000, base très sûre pour leurs travaux ultérieurs.

Malheureusement pour nous, les mappes des zones qui nous intéressent n'étaient pas encore tirées. Comme nous n'avions ni le temps ni les moyens, ni la pratique pour suivre les méthodes du Service Géographique, nous avons été obligés de nous contenter de la carte au (*) 1/200.000e actuelle, inexacte bien souvent, et toujours peu précise.

De la sorte, nous avons dû schématiser ce que nous voyions parfois très nettement sur les photos, mais cela n'a pas une grande importance, car en raison de l'étendue considérable de notre prospection, nous ne pouvions prétendre être partout d'une très grande précision.

Les aspects les plus caractéristiques sont les suivants :

Les dunes anciennes allongées en bandes parallèles du Nord-Est au Sud-Ouest (photos nos 1, 2, 3),

Le rebord des cuirasses ferrugineuses (photos nos 4, 5, 6 et 7),

Leurs affleurements sur les plateaux marqués par des zones concentriques claires et sombres (photos nos 5 et 6),

Les sols ayant subi l'érosion (photo no 4),

Les alluvions (photos nos 3, 4, 7),

Les sols salés (photo no 3),

Les cours d'eau temporaires, marqués par une ligne sombre de la végétation et des méandres (photos nos 4 et 7),

(*) Deux feuilles récemment publiées sont très bonnes.

Les champs cultivés (photos nos 1, 2, 4, 5, 7).

Souvent, par contre, il est plus difficile d'interpréter la photo, par exemple dans les cas suivants :

Passage progressif des affleurements des cuirasses ferrugineuses et des sols rouges qui les accompagnent aux dunes qui recouvrent le tout (photo n° 2).

Cuirasse ferrugineuse à faible profondeur; dans ce cas, l'aspect est souvent comme réticulé (photo n° 8) mais d'autres fois il n'en est rien.

La végétation en saison sèche, n'a jamais constitué une gêne, même en Moyenne Casamance.

Après plusieurs mois de travail, en revoyant certains clichés, il est possible d'y découvrir parfois ce qui n'a pas été vu aparavant. Il faut s'être longuement familiarisé avec l'usage des photos aériennes pour en tirer le maximum, et surtout il faut revenir à certaines photos après avoir observé le sol sur les lieux mêmes.

En conséquence, nous avons commencé par étudier les photos aériennes avant de nous lancer dans la prospection à terre, mais par la suite nous sommes revenus plusieurs fois aux photos. Notons ici que le Chef du Service Géographique de l'A.O.F. nous permit d'emporter sur place un lot important de clichés.

Prospection d'ensemble.

Elle a pour but de connaître plus à fond l'ensemble du pays à prospecter en vue de délimiter les zones où il y a des chances de trouver de bons terrains et les zones à rejeter. En outre, elle permet de préciser les idées sur les types de sol et leur répartition.

Elle fut effectuée en une quinzaine de jours dans la zone s'étendant le long de la voie ferrée de Kaffrine à Kidira, et en une huitaine de jours en Casamance. Dans les deux cas, ce fut un peu trop rapide. Mais il fallait se plier à certains délais fixés.

Prospection aérienne.

L'appareil utilisé fut un Morane 500 (modèle Fiesler allemand) de la base aérienne de Dakar-Ouakam. La cabine fermée est à trois places, la visibilité est excellente. La vitesse de croisière de 120/130 km.-heure convient très bien le plus souvent. Pour quelques minutes on peut la réduire à 80 km.-heure. Il eût été souhaitable que l'on puisse y rester plus longtemps. La durée maximum de vol est quatre heures, mais il vaut mieux ne pas dépasser trois heures et demie.

Deux altitudes sont intéressantes :

1) 1.500 m., c'est-à-dire le plafond de l'appareil pour la grande reconnaissance dans le cas des cartes erronées; de la sorte, on peut se répérer sur des points exacts et corriger approximativement la carte.

2) 200 m. A cette altitude, les détails du sol apparaissent encore très nettement; si l'on descendait plus bas ou aurait moins de temps

pour observer, et le champ visuel étant moins grand on risquerait plus facilement des méprises. Insistons sur ce dernier point : il est très difficile de se repérer : de grandes étendues sans relief, sans grandes routes, des villages peu marqués, des cartes fausses. Pour faciliter l'orientation et l'évaluation des distances, il est préférable que les itinéraires se résolvent en une succession de lignes droites, selon une des directions de la rose des vents.

Une première série de prospections aériennes eut lieu début d'avril, peu après la prospection d'ensemble; elle aurait dû avoir lieu immédiatement après cette prospection, mais des difficultés de divers ordres nous en empêchèrent. Une deuxième série se plaça dans la deuxième quinzaine de juin, les pluies étaient commencées et il fallut parfois attendre des conditions atmosphériques favorables. Par contre, la visibilité était souvent très bonne et la poussière ayant été enlevée, toutes les caractéristiques du sol apparaissaient bien plus nettement.

Ces caractéristiques du sol, visibles d'avion, sont les suivantes :

— La couleur, vue soit directement, soit par l'intermédiaire des termitières ou des pistes, en pensant que ces dernières ont pu être rechargées avec de la terre ou des cailloux venant d'ailleurs, indique si l'on a affaire à des sols beiges ou à des sols rouges.

— La présence en surface de la cuirasse ou des gravillons ferrugineux, moins nets en saison sèche (avril) que sur les photos aériennes prises à 6.000 m. d'altitude. Par contre, les plus petits tas de gravillons sont visibles à 200 m. d'altitude après les premières pluies.

— L'imperméabilité du sol remarquée seulement lors de notre deuxième série d'observations. En effet, l'eau de pluie qui a légèrement ruisselé, s'est concentrée dans les très légères et très petites dépressions. La surface du sol y prend alors une couleur grise plus foncée s'opposant aux parties plus claires parce qu'un peu plus élevées. Si le sol est très perméable, un tel aspect n'existe pas. Or, dans les zones qui nous intéressent, imperméabilité en surface signifie cuirasse à faible profondeur; sur les photos aériennes c'est cet aspect qui se traduit par une allure réticulée avec taches sombres et taches plus claires.

Des photos n'ont pu être prises qu'avec nos appareils personnels, l'avion n'étant pas équipé pour cela; au surplus, ces photographies à basse altitude ne permettent de prendre qu'un aspect caractéristique ça et là, le champ aurait été par trop réduit si nous eussions voulu nous en servir pour nous aider dans notre cartographie visant de grands espaces monotones et non une superficie restreinte et bien répérable.

Etude de détail.

Les idées précédemment obtenues sur la répartition des sols, — par exemple, la localisation en Moyenne-Casamance, d'affleurements de cuirasse ferrugineuse ou latéritique sur le rebord des plateaux de

plus de 40 m. d'altitude — permettaient des hypothèses que la prospection de détail n'avait plus pour but que de confirmer ou d'infirmer. Cette dernière fut donc beaucoup plus rapide que si ces idées n'avaient pu être dégagées auparavant.

Il fallait toutefois parcourir, à pied ou en auto, de vastes étendues où les pistes étaient peu nombreuses; bien souvent nous n'avions pour nous guider en pleine brousse que nos boussoles. Dans ces conditions, on conçoit aisément que notre travail eut été grandement facilité si les cartes avaient été plus précises.

* * *

Ainsi la cartographie s'est effectuée peu à peu : aux renseignements fournis par les photos aériennes venaient s'ajouter ceux qu'apportait chaque tournée. A la fin du travail, la connaissance de la situation des différents sols, de leurs rapports avec la topographie, permettait de larges interprétations.

L'échelle de base fut le 1/200.000e; un premier croquis fut donné à cette échelle; la carte au 1/500.000e des régions prospectées figure dans notre autre travail : Esquisse des différents types de sols de la moitié Sud du Sénégal

* *

Il faut, en terminant, souligner les services considérables rendus par les photographies aériennes. Plus que tout le reste, les types de sol une fois connus, elles sont la base de la cartographie des sols, du moins dans un pays comme le Sénégal. Mais pour les consulter avec fruit, il faut une grande habitude, qui s'acquiert peu à peu.

Une politique agricole bien comprise doit s'appuyer sur la carte des sols; or, ce travail dans les pays tropicaux est à peine ébauché; il y a donc urgence.

La méthode et les moyens appliqués ici répondent à ce besoin et, au total, sont plus économiques que la prospection classique uniquement sur le terrain. Mais ils nécessitent certains travaux de base : cartes topographiques, photographies aériennes, aérodromes, service météorologique (*) ce qui actuellement peut en limiter l'aire d'application.

BIBLIOGRAPHIE

1. CHEVALIER (Aug.). — *L'Aviation au service de l'Agriculture tropicale et de la Géographie botanique.* Rev. Bot. Appl. et Agr Trop. 10e année, no 106, juin 1930, pp. 354-356

2 DE MARTONNE (E.). — *Géographie aérienne* Albin Michel, Paris, 1948.

3. SISAM (J. W. B). — *The use of aerial survey in forestry and agriculture.* Imperial agricultural Bureau. Joint publication no 9, juillet 1947

4. TROCHAIN (J.). — *L'aviation et l'étude de nos richesses végétales coloniales.* Rev. Forces aériennes, no 45. Avril 1933, pp. 419-438.

(*) Il faut signaler la parfaite organisation et la justesse des prévisions du Service Météorologique



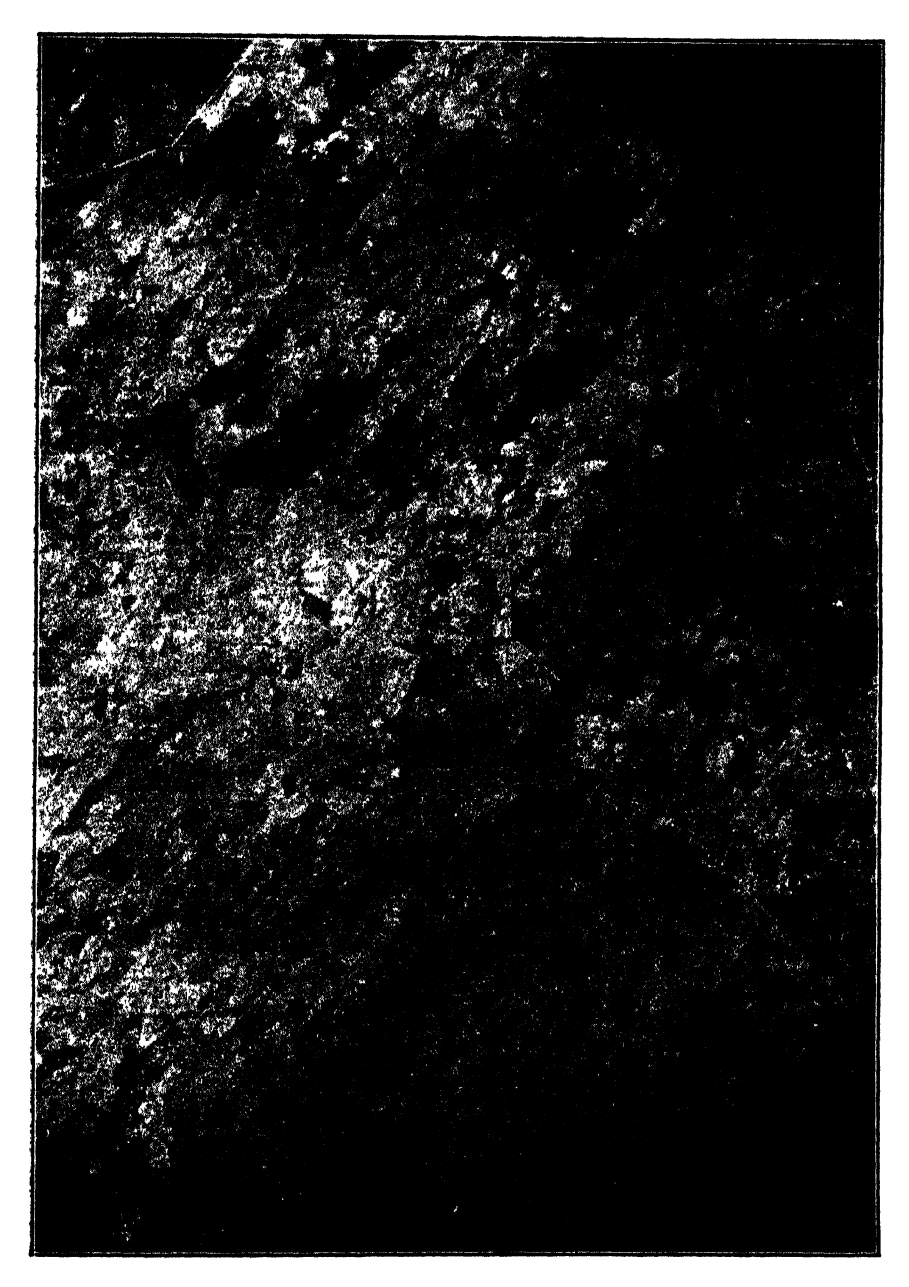
(Photo J Dubois)

Limite d'affleurement d'une cuirasse ferrugineuse. (Se rapporter aux photographies aériennes 4, 5, 6, 7).



(Photo R. Boully.)

L'Avion utilisé pour la prospection



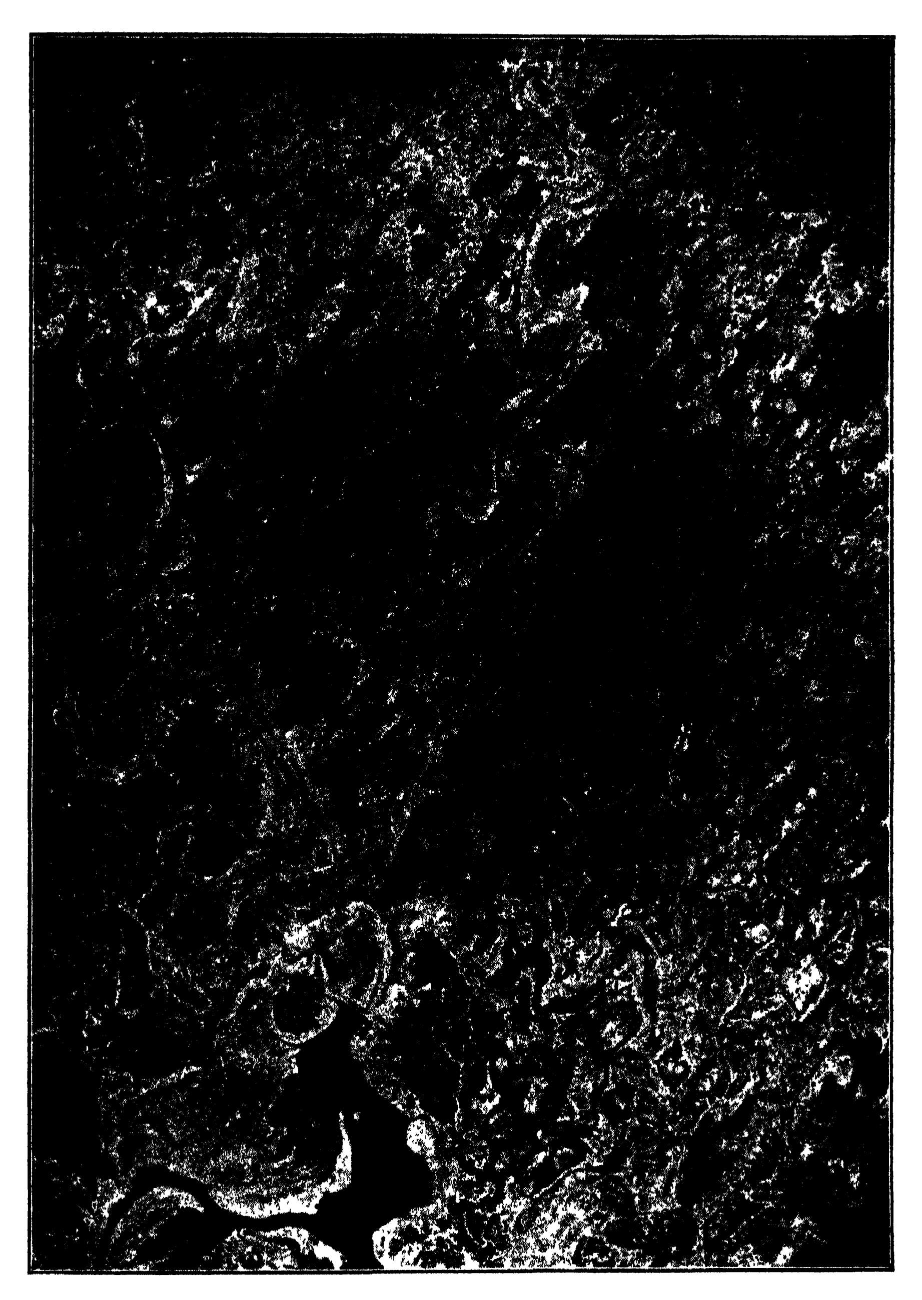
(Cliché de l'Institut Géographique National)

Fig. 1. — Dunes anciennes orientées Nord-Est - Sud-Ouest.
Champs cultivés au Nord-Est de Kaolack.



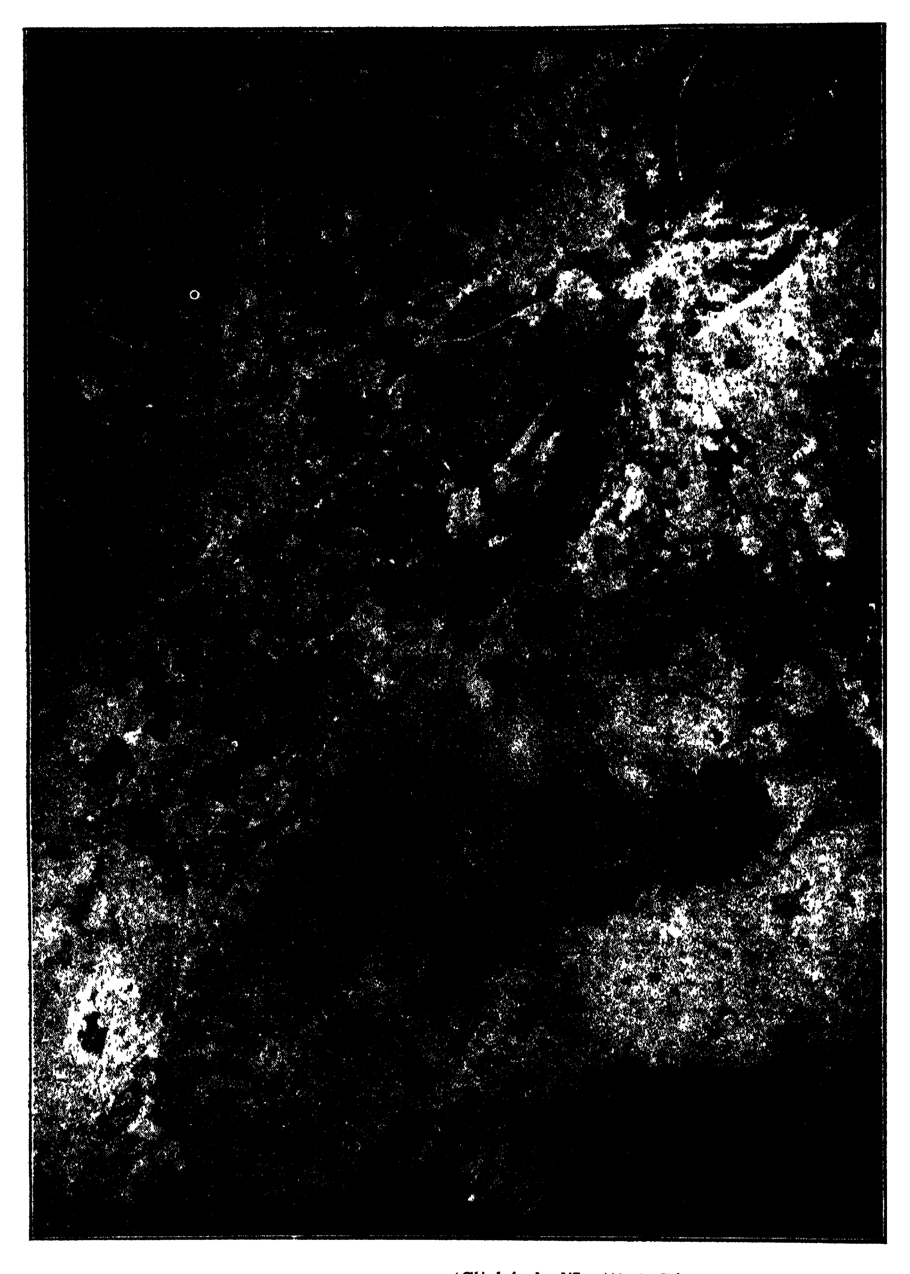
(Cliché de l'Institut Géographique National.)

FIG. 2. — Passage progressif des dunes anciennes au Nord-Ouest, aux affleurements de la cuirasse ferrugineuse au Sud-Est marqués par des taches sombres, petites, entourées de plages plus claires. Nord de Kaffrine.



(Cliché de l'Institut Géographique National.)

FIG. 3. — Terrains salés s'infiltrant entre les anciennes dunes à l'Ouest de Fatick. Remarquer la digue de dessalement.



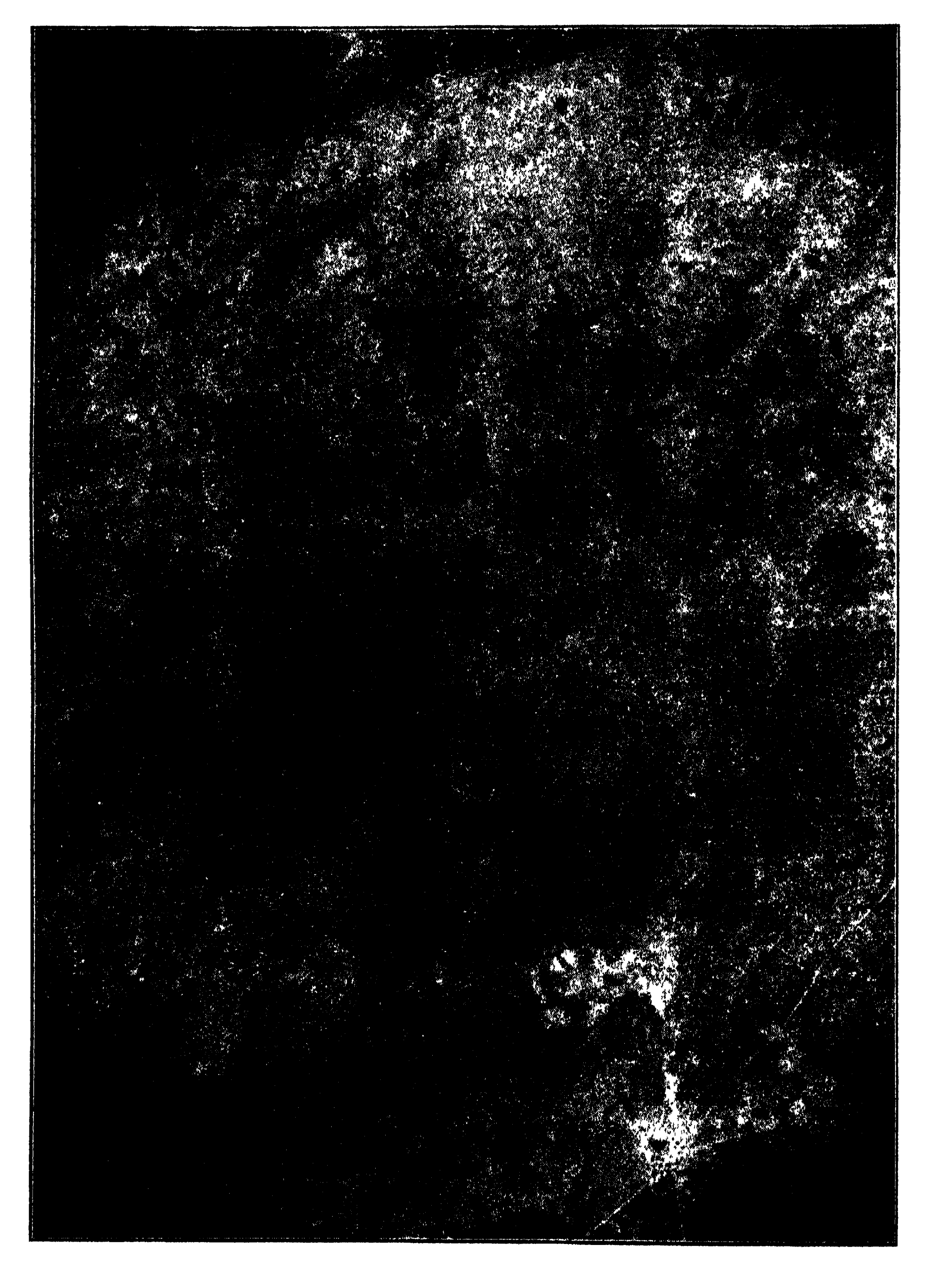
(Cliché de l'Institut Géographique National.)

Fig. 4. — Limites d'affleurements de la cuirasse au Sud-Est. Sols d'alluvions dans la vallée où l'on voit les anciens méandres. Sols ayant subi l'érosion par ruissellement entre la cuirasse et la vallée Nord de Malème-Hodar.



(Cliché de l'Institut Géographique National.)

Fig. 5. — Limites d'affleurement de cuirasse au Nord. Taches concentriques claires et sombres représentant les affleurements de cuirasse sur le plateau Nord de Malème-Hodar.



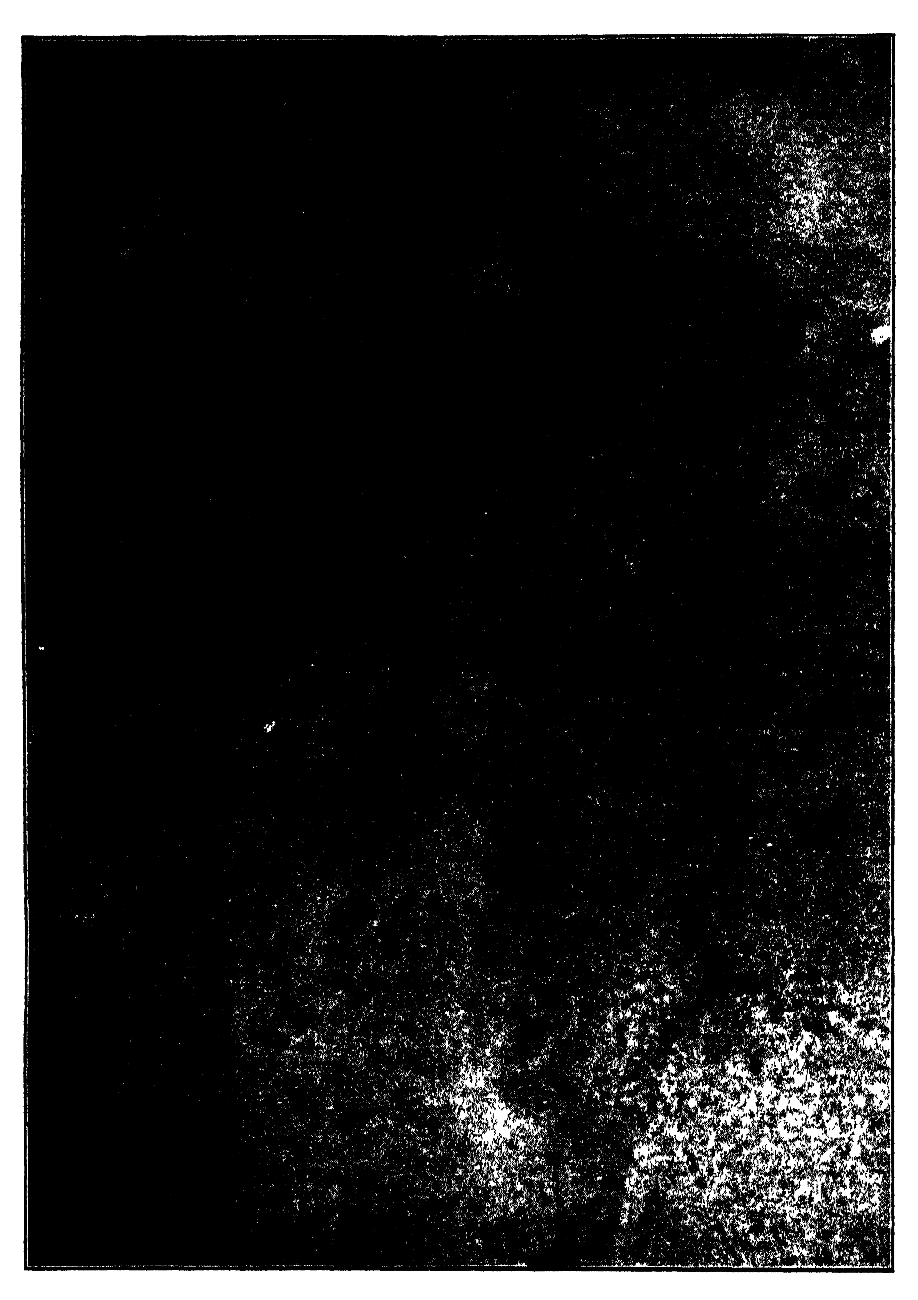
(Cliché de l'Institut Géographique National.)

Fig. 6. — Sols érodés au Nord. Puis limite d'affleurements de cuirasse et zones claires et sombres concentriques indiquant les affleurements sur le plateau Nord-Est de Malème-Hodar.



(Cliché de l'Institut Géographique National.)

Fig. 7. — Vallée du Saloum. Au Sud, même aspect que sur la photo précédente. Au centre, alluvions argileuses, en sombre. Nord de Malème-Hodar.



(Cliché de l'Institut Géographique National.)

FIG. 8. — Aspect réticulé des sols imperméables. Nord de Maka-Yop.

Note sur la Podzolisation au Mayumbe

par

C. DONIS,

Ingénieur des Eaux et Forêts Gx.

Conservateur de la Station forestière de l'I. N. E. A. C.

à Luki (Mayumbe).

Le relief accidenté du Mayumbe fait que peu de situations topographiques sont dépourvues d'érosion. Il est dès lors nécessaire, en vue d'étudier les types de sols zonaux, de porter ses investigations vers les sommets de collines plans et les plateaux où le sol est resté en place un temps suffisant pour que son organisation interne apparaisse de façon quelque peu marquée.

Il a paru intéressant de faire part au Congrès des Sols réuni à Goma, des observations effectuées à Luki.

Les études sur le terrain ont porté sur la station, la végétation, l'examen physique du profil et des déterminations de la porosité. Les échantillons ont été analysés au Laboratoire de la Division d'Agrologie de l'Inéac à Yangambi.

Pour la détermination de la porosité, des cylindres en cuivre de 82 mm. de diamètre intérieur et enfoncés de 10 cm. dans l'horizon à étudier ont été utilisés; les temps successifs nécessaires à la percolation de 100 cc. d'eau ont été notés.

Les quatre profils suivants proviennent d'une même roche (micaschistes) et ont été creusés dans des situations topographiques identiques, des sommets de collines horizontaux. L'altitude varie de 300 à 330 m. au-dessus du niveau de la mer, et les hauteurs au-dessus des cours d'eau voisins, de 140 à 170 mètres.

A. — OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN

1 — PROFIL 1.

a) *Description.*	*Echantillons.*
A0-1 cm. de litière.	*99*
A1-1 à 15 cm., noir sableux, coulant dans les doigts.	*100*
A2-15 à 45 cm., gris noirâtre, sableux, coulant dans les doigts.	*101*
B1-45 à 65 cm. ocre brun, compact, argileux	*102*
B2-65 à 200 cm. ocre avec traînées verticales brunes	*103* (85 cm.)
d'humus, un peu moins compact vers le fond.	*104* (135 cm.)

Fragment de charbon à 145 cm. Distinction entre les horiz. B2 et C difficile sur le terrain. *105* (185 cm.)

Roche micaschiste. *106*

Racines confinées aux 45 cm. supérieurs avec feutrage dans les 5 premiers centimètres.

b) *Perméabilité.*

100 cc.	*5 à 15 cm.*	*15 à 25 cm.*	*40 à 50 cm*	*65 à 75 cm.*
1	13"	50"	25"	6'5"
2	1' 5"	1'—	45"	18'7"
3	1'20"	1' 3"	1'18"	1 h. 53'
4	1'20"	1' 6"	1'45"	2 h. 35'
5	1'25"	1' 8"	1'55"	
6	1'28"	1'12"	2'15"	
7	1'25"	1'15"	2'13"	
8	1'25"	1'15"	2'23"	

c) *Végétation.*

Le couvert végétal, une savane anthropique arbustive, est constitué d'une prairie à graminées de 2 à 3 m. de hauteur moyenne et de 60 %. Cette colline fut, il y a 15 à 20 ans, occupée par un village, la végétation a été irrégulièrement incinérée par les feux de brousse jusqu'en 1945.

Les arbustes rencontrés sont, par ordre d'importance relative : *Millettia versicolor* WELW., *Albizzia gummifera* (GMEL) SMITH, et *Bridelia micrantha* BAILL. qui dominent avec : *Antidesma venosum* TUL., *Anona* cf. *senegalensis*, *Maprounea africana* MULL. ARG., *Hymenocardia acida* TUL., *Dichrostachys glomerata* HUTCH. & DALZ., *Combretum* sp., *Vitex madiensis* PIEPER var. *typica* PIEPER, *Psorospermum febrifugum* SPACH., *Myrianthus arboreus* P. BEAUV. (un pied).

La prairie comporte surtout les graminées suivantes : *Rottboellia exaltata* LINN. f., *Panicum maximum* JACQ., *Hyparrhenia* sp., *Pennisetum* sp., *Imperata cylindrica* P. BEAUV.

2 — PROFIL 2.

a) *Description.* *Echantillons.*

A0-2 cm. de litière. *115*

A1-2 à 20 cm., sableux, friable, brun noir. *116*

A2-20 à 60 cm., sableux, friable, gris. *117*

B1-60 à 95 cm., ocre, compact, argileux. *118*

B2-95 à 180 cm.. ocre, argileux, moins compact. *119* (140 cm.)

Quelques veines d'humus verticales, que suivent de rares radicelles.

Macules rougeâtres de 95 à 180 cm. (C ?). Poches podzoliques en profondeur, en liaison avec les traînées d'infiltration. Distinction entre les horizons B2 et C difficile sur le terrain.

Roche : micaschiste. *106*

Racines : épais fouillis de 0 à 20 cm.; moins nombreuses de 20 à 60 cm., pratiquement absentes en dessous.

b) *Perméabilité.*

× *100 cc.*	*10 à 20 cm.*	*30 à 40 cm.*	*75 à 85 cm.*	*130 à 140 cm.*
1	25''	20''	16'30''	14'50''
2	40''	34''	1 h. 37'	41'
3	42''	47''	4 h. 31'	1 h. 5'45''
4	47''	48''		1 h. 10'
5	48''	48''		1 h. 5'
6	48''	48''		1 h. 4'

c) *Végétation.*

Le couvert végétal était également constitué d'une savane arbustive, le site du profil a été soumis à l'action indigène et inciné irrégulièrement par les feux de brousse jusqu'en 1944 et débroussé.

Les arbustes étaient représentés principalement par : *Millettia versicolor* WELW., *Albizzia gummifera* (GMEL) SMITH, *Bridelia micrantha* BAILL., *Antidesma venosum* TUL., *Dichrostachys glomerata* HUTCH. & DALZ., *Phialodiscus Laurentii* DE WILD., *Premna* sp., *Morinda* sp.

Les graminées les plus importantes étaient : *Panicum maximum* LINN. f., *Imperata cylindrica* P. BEAUV., *Hyparrhenia* sp., *Rottboellia exaltata* LINN. f.

3 — PROFIL 3.

a) *Description.* *Echantillons.*

A0-2 cm. de litière. *107*

A1-2 à 10 cm., sableux, noirâtre, humifère, friable. *108*

A2-10 à 40 cm., sableux, gris noirâtre, friable. *109*

B1-40 à 65 cm., ocre, argileux, compact. *110*

B2-65 à 140 cm., ocre un peu moins argileux, *111* (80 cm.)
moins compact. *112* (130 cm.)

C-140 à 200 cm., ocre, sableux, grossier. *113* (180 cm.)

Roche micaschiste. *106*

Racines : fouillis radiculaire de 2 à 10 cm. Racines moins nombreuses de 10 à 40 cm., très rares en dessous de 40 cm. Les racines verticales des gros *Terminalia* sont très réduites.

c) *Végétation.*

Le couvert forestier est constitué par un peuplement à *Terminalia* d'origine anthropique; cette station ne paraît pas avoir été mise en culture au cours des 15 à 20 dernières années.

Composition du peuplement sur 10 ares (les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de pieds) :

Dominants : *Terminalia superba* E. & D. (2), *Ceiba pentandra* GAERT. (1).

Sous-dominants : *Spondias Mombin* L. (3), *Sterculia tragacantha* LINDL. var. *cruciata* VERM. (3), *Lannea Welwitschii* (HIERN) ENGL. (1).

Dominés et arbustes : *Millettia versicolor* WELW. (29), *Trichilia Prieureana* JUSS. (13), *Phialodiscus Laurentii* DE WILD. (12), *Celtis* sp. (4), *Cistanthera* sp. (9), *Monodora myristica* (GAERT) DUN. (4), *Pteleopsis* [DONIS 1725 (3)], *Markhamia sessilis* SPRAGUE (2), *Polyalthia suaveolens* E. & D. (2), *Antiaris Welwitschii* ENGL. (2), *Albizzia* sp., *Myriantus arboreus* P. BEAUV., *Carapa procera* DC., *Trichilia Heudelottii* PLANCH., *Fagara altissima* ENGL., *Trema guineensis* FICALHO, *Pterocarpus tinctorius* WELW., *Lasiodiscus* sp., *Xylopia* [DONIS 368], *Chrysophyllum africanum* DC, *Ficus* sp., (1), divers (4).

L'élément herbacé est représenté surtout par des Scitaminées en voie d'élimination.

b) *Perméabilité.*

× 100 cc.	*2 à 12 cm.*	*20 à 30 cm.*	*45 à 55 cm.*	*70 à 80 cm.*
1	20"	38"	45"	1' 5"
2	40"	2'20"	2'35"	6'
3	1'15"	2'52"	4'15"	9'20"
4	1'20"	3'15"	8'	13'45"
5	1'27"	4'15"	11'25"	13'
6	1'30"	5'45"	15'35"	14'25"
7	1'30"	5'40"	15'40"	
8	1'30"	7'20"		
9		7'25"		
10		8'20"		

4 — PROFIL 4.

a) *Description.* *Echantillons.*

A0-2 cm. de litière parcourue de mycélium blanc. *120*

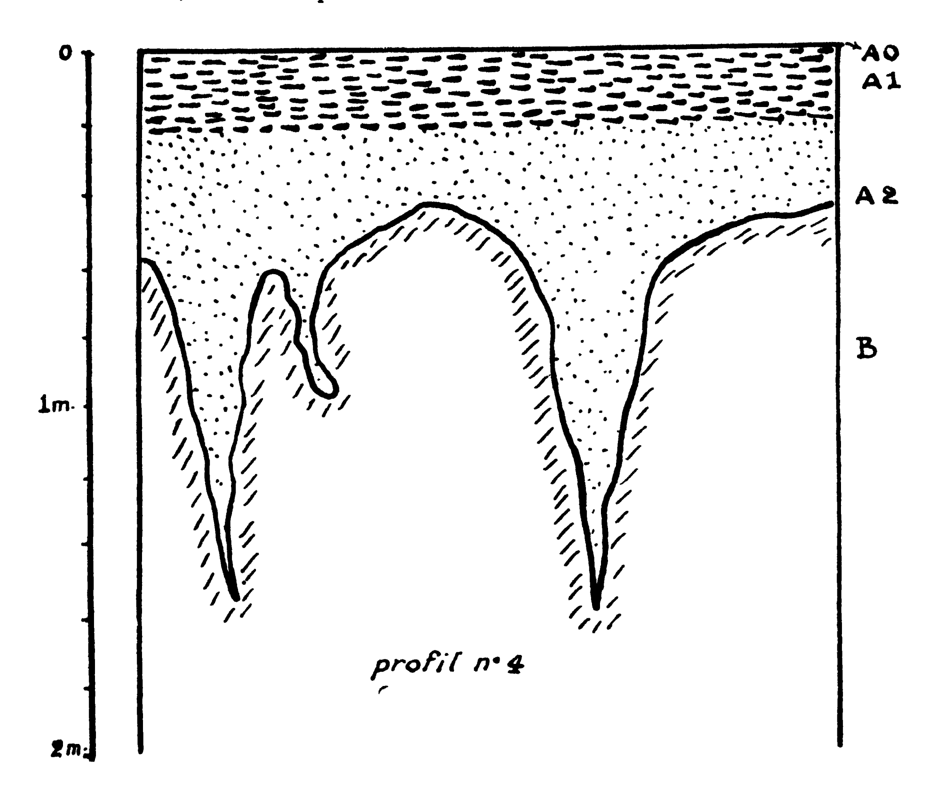
A1-2 à 20 cm., brun noir, sable coulant, un caillou de quartz. *121*

A2-20 cm. à des profondeurs variant de 45 à 175 cm. Sable gris blanc, coulant. La limite inférieure de cet horizon n'est pas uniforme mais suit la trace des racines disparues en formant des « puits » coniques (cf. croquis ci-dessous). *122*

B-Sous l'horizon A2 jusqu'à 200 cm., ocre, dur, compact, argileux. Séparation en deux sous-horizons difficile sur le terrain. Poches podzolisées en profondeur en liaison avec les puits. *123* (90 cm.) *134* (130 cm.)

Roche micaschiste. *106*

Racines surtout concentrées dans les horizons A1 et A2. Epais fouillis dans A1 (environ 1 radicelle par cm^2 de section); dans A2, 3 racines par dm^2, dans B, 2 racines par dm^2.



b) *Perméabilité.*

10 cc	*10 à 20 cm.*	*25 à 35 cm.*	*90 à 100 cm.*	*130 à 140 cm.*
1	1'36"	58"	2'50"	45"
2	1'34"	45"	5'25"	4'55"
3	1'32"	55"	6'10"	10'40"
4	1'32"	65"	7'	13' 5"
5	1'35"	65"	7'50"	14'30"

6	1'33"	65"	8'30"	16'10"
7	1'34"	65"	9'30"	14'10"
8			9'25"	16'
9			10'30"	19'50"
10			11'	20'20"

c) *Végétation.*

Une vieille forêt remaniée assez claire couvre cette station qui ne paraît pas avoir été mise en culture.

Composition du peuplement sur 10 ares (les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de pieds) :

Dominants : *Ceiba pentandra* GAERTN. (1), *Celtis* sp. (1), *Albizzia* sp. (1), *Heloptolea grandis* MILBR. (1).

Sous-dominants : *Celtis* sp. (3), *Corynanthe* sp. (6), *Ricinodendron africanum* MUELL. ARG. (1), *Cynometra* sp. (1), *Monodora myristica* (GAERTN.) DUN. (4), *Xylopia* [DONIS 368 (18)], *Millettia versicolor* WELW. (1), *Antrocaryon micraster* A. CHEV. & GUILL. (1)

Dominés et arbustes : *Antiaris Welwitschii* ENGL. (1), *Sterculia tragacantha* LINDL. var. *cruciata* VERM. (1), *Celtis* sp. (18), *Hylodendron gabunense* TAUB. (12), *Gossweilerodendron balsamiferum* (VERM.) HARMS (4), *Parinarium* sp. (2), *Albizzia* sp. (1), *Pterocarpus tinctorius* WELW. (2), *Cistanthera* sp. (3), *Cynometra* sp. (1), *Trichilia* sp. (4), *Guarea* sp. (1), *Millettia versicolor* WELW. (4), *Bersama* sp., *Cola Bruneelii* DE WILD., *Isolona* sp., *Lasiodiscus* sp. *Dracaena* sp., *Euphorbiacée* [DONIS 1928].

Les régénérations présentes comprennent : *Gossweilerodendron balsamiferum* (VERM.) HARMS, *Cynometra* sp., *Cola Bruneelii* DE WILD. et *Xylopia* [DONIS 368].

B. — REMARQUES RELATIVES AU SOL

1. — L'étude des profils après une certaine période de saison sèche, en facilite la distinction en horizons éluviaux desséchés et illuviaux qui paraissent encore humides.

2. — L'examen physique des profils ci-dessus a montré une lixiviation marquée des couches superficielles devenant nettement sableuses et très perméables. Les temps de percolation permettent d'apprécier les différences à ce point de vue.

A l'exception du profil n° 4, dont l'horizon A2 est nettement blanchâtre, la décoloration de ce même horizon dans les autres profils peut être masquée par la présence de charbon de bois.

3. — La constitution, sous les horizons A, d'une zone compacte, relativement peu perméable et rappelant les « clay pans », constitue une entrave nette à la pénétration des racines en profondeur et à la percolation des eaux.

4. — L'effet de la suppression du couvert forestier et l'uniformisation de la rhizosphère, devenant superficielle et unistrate dans les savanes et les cultures vivrières indigènes, apparaît clairement à la comparaison des profils. Les profils 1, 2 et 3 présentent une podzolisation pratiquement horizontale, ce qui les rapproche de la variété de sols podzoliques appelés « planosols », tandis que dans le profil n° 4, les phénomènes de lixiviation ont nettement suivi, guidés par la percolation, les racines des arbres disparus. Cette irrégularité augmente, en fait, la profondeur moyenne des horizons éluviaux qui ne sont pas uniformes mais bien entrecoupés de puits coniques dont le rôle est précieux dans l'emmagasinage de l'eau et la pénétration des racines en profondeur.

5. — La zone compacte est plus marquée en savane que sous forêt. Les temps de percolation varient, entre les horizons A et B, de 1 à 80 et 120 en savane et de 1 à 10 et 20 en forêt.

C. — VALEUR CULTURALE COUTUMIERE

Les sols appartenant aux types des profils 1 et 2 sont considérés par l'indigène comme aptes à la culture du manioc et des arachides.

La préparation du terrain comporte l'abatage des arbustes à environ soixante cm. de hauteur, l'extirpation des graminées, l'incinération des déchets et un labour superficiel.

Ceux du type 3 se prêtent à la culture du manioc, du maïs et des bananiers; la préparation du terrain est identique à celle exposée ci-dessus, le labour, plus rudimentaire, n'étant pas exécuté en plein.

Les sols appartenant au type 4 n'inspirent que peu d'intérêt chez l'indigène s'il a d'autres terrains à cultiver.

D — IMPORTANCE GEOGRAPHIQUE

Des sols ayant un même aspect en surface et une organisation interne identique aux types étudiés ci-dessus ont été rencontrés sur les micaschistes, les quartzites et les schistes satinés dans les environs de Luki, dans la région N.-O. du Mayumbe (Kuimba) où il y a formation d'un horizon de kaolin, dans la région de Maduda et Sumbi, et enfin, sur les formations géologiques récentes des grands plateaux de la région côtière.

Cette large distribution des profils étudiés, ainsi que des types dérivés décrits plus loin, permet de ranger le Mayumbe dans la zone des podzols, bien que les chutes de pluie annuelles se situent entre 1,000 et 1,400 mm. Cette proposition est, à première vue, en contradiction avec les classiques qui signalent comme chute annuelle minima nécessaire à l'apparition des phénomènes de podzolisation en région tropicale, une hauteur de 3,000 mm.

E. — TYPES DERIVES ET SOLS INTRAZONAUX

L'examen de quelque nonante trous, dont une soixantaine dérivant de profils à organisation similaire à celle décrite plus haut, a montré diverses particularités orographiques et pédologiques qu'il paraît intéressant de rapporter.

Le climax végétal de ces sols podzoliques paraît être une forêt mélangée, tropophile mixte, à dominance de *Gossweilerodendron*.

Sous l'effet de l'érosion de surface des terrains en pente, les couches lessivées peuvent être ramenées à une épaisseur de quelques centimètres ou même, en savane, être complètement emportées, mettant à nu les horizons sous-jacents compacts, l'horizon de cailloux de quartz ou la roche en décomposition.

Sous l'effet d'une érosion de surface moyenne, les phénomènes de podzolisation, moins intenses, s'approfondissent avec le temps, les couches superficielles sont entraînées et l'on peut rencontrer des sols réduits aux horizons A1 et 2 et une mince couche de B, reposant sur des lits de cailloux de quartz ou de concrétions latéritiques apportées.

Sur les sols en pente, la zone des échanges s'approfondit avec le temps et la podzolisation est moins ou non marquée.

Sur les fortes pentes, la surface comporte des épaisseurs de 30 à 40 cm. de terre sablonneuse grossière reposant sur un lithosol friable qui, sur les micaschistes, varie du blanc pur au jaune ocre abondamment parcouru de veines horizontales rouges, violette et chocolat jusqu'à trois mètres de profondeur.

Des essences forestières exploitent ces lithosols par un fort enracinement parcourant la profondeur : *Hylodendron gabunense* TAUB, *Antrocaryon micraster* A. CHEV. & GUILL., *Cola Bruneelii* DE WILD., *Carapa procera* DC., *Sterculia tragacantha* LINDL. var. *cruciata* VERM., *Pentachletra Eetveldeana* DE WILD. & TH. DUR., *Xylopia aethiopica* A. RICH., et cf. *villosa* OLIV., *Piptadenia* sp.

Les matériaux emportés se déposent, suivant l'intensité et la longueur de la pente, et la convexité des collines : en alluvions de vallées ou en colluvions de pente atteignant parfois plus de trois mètres d'épaisseur.

Ces colluvions profondes ont généralement une bonne porosité et montrent peu de différenciation horizontale dans leur profil. Ce sont en réalité des alluvions pauvres, drainées, et déficientes en eau pendant cinq mois de saison sèche. Une forte proportion des peuplements à *Xylopia aethiopica* A. RICH. connus se rencontrent sur ces colluvions profondes.

Dans les vallées, selon le drainage, il se constitue des alluvions sans différenciation horizontale, des profils à horizon de gley ou des

taches noires marécageuses très humifères. Ces stations sont très recherchées par l'agriculture indigène. Elles se prêtent à toutes ses cultures : arachides, maïs, canne à sucre, haricots de saison sèche, manioc, bananiers; la préparation du terrain comporte toujours l'incinération des matières extirpées (*).

Les stations de colline qui montrent la meilleure répartition radiculaire ont une pente comprise entre 10 et 20 % et une profondeur de sol au-dessus de l'horizon de cailloux de quartz anguleux de 30 cm. à 1 m. La surface y est à peine sablonneuse et apparaît argileuse jaune ou ocre pendant les pluies. Un abondant fouillis radiculaire parcourt l'horizon de cailloux. Ces stations sont très souvent peuplées de *Terminalia superba* E. & D. qui témoignent de l'appréciation de l'agriculteur indigène et, partant, de leur fertilité.

Un autre groupe de sols intrazonaux est constitué par les sols latéritiques provenant de la désagrégation des roches basiques intrusives dans le système du Mayumbe. En terrain forestier, ces sols se présentent sous l'aspect d'argiles lourdes, rouges, très recherchées par l'agriculteur indigène au même titre que les alluvions drainées, les alluvions à gley et les terres noires marécageuses dérivées.

Outre les éboulis latéritiques provenant de la croûte formée au cours des pénéplaines antérieures, il y a formation, à une profondeur variable, de concrétions ferrugineuses qui durcissent et à la longue se soudent pour former une croûte contemporaine.

La maturation de cette croûte contemporaine rend les terrains extrêmement sensibles à la déforestation. Dans certaines stations de savane en pente, la reprise de l'activité orogénique vient heureusement, par la rupture de la croûte que constitue l'ouverture des ravins d'érosion, rajeunir les sols en les transformant en un mélange de terre vierge et de sol de surface noyant les éboulis latéritiques. Ces ravins se recolonisent avec vigueur.

Une forme d'érosion particulièrement néfaste se manifeste sur les sols latéritiques de pente par l'entraînement des couches de terre susjacentes à la croûte.

Des sols « sonores », c'est-à-dire répercutant à des distances de 100 à 150 m. le bruit des pieds nus, se rencontrent sur les vestiges de la pénéplaine des 500 m., au Nord de la Réserve Luki. Cette particularité paraît due à la présence de la croûte latéritique.

Dans les sols latéritiques de savane à faible pente (Gimbi), GILBERT (communication verbale) a mis en évidence la présence d'un socle.

(*) Les terres noires marécageuses humifères sont connues de l'indigène sous le nom de « N'TAYA ».

Beaucoup de vallées du Mayumbe, en quelques points de leur cours, présentent des formations tourbeuses peuplées de Papyrus. Ces sols, moyennant peu de travail, sont aptes à donner de bonnes récoltes de haricots. La préparation comporte simplement la coupe des Papyrus, l'incinération et le semis des haricots dont les tiges grimpent sur la repousse des Papyrus — ce qui dispense de l'établissement de supports — et constitue ainsi une association semi-culturale heureuse.

Tels sont, brièvement esquissés, divers types de sols intrazonaux rencontrés dans la zone des podzols du Mayumbe. Les variables en sont la roche mère, le relief, la végétation, le drainage, l'âge, les cultures indigènes, auxquelles s'ajoutent pour en compliquer le damier, les divers stades d'appauvrissement chimique résultant des cultures.

La présence d'anciennes terrasses, elles-mêmes soumises à l'érosion actuelle, amène la formation de profils géologiques mixtes.

L'établissement des normes agronomiques d'une région aussi variée que le Mayumbe n'est pas un problème simple.

L'agriculture indigène actuelle est extensive. Elle pratique le système forestier (jachère forestière) ou le système des prairies (savanes et prairies aquatiques). C'est une agriculture « jardinée ».

L'amélioration de l'agriculture vise à l'obtention de rendements élevés pour une somme de travail moindre. Les moyens habituellement utilisés à cette fin sont notamment :

— la sélection de sortes à hauts rendements;

— l'établissement d'assolements équilibrés (associations culturales de HENRY);

— l'emploi de matières fertilisantes et l'amélioration de la technique culturale;

— la mécanisation des opérations culturales.

L'incidence de ces moyens, étant donné la grande variabilité des sols, imposera à l'agriculture de l'avenir si elle veut devenir plus intensive, de se localiser dans les vallées et sur les plateaux où, les variables étant réduites, les conditions de sol sont plus uniformes.

L'aménagement d'une région agricole pose les mêmes problèmes vis-à-vis des conditions stationnelles que l'aménagement d'une forêt; il commande l'uniformisation des interventions sous peine de disperser à l'extrême les moyens de direction et les interventions culturales.

En outre, il semble bien qu'il convienne de ne pas arrêter complètement, ni condamner sans réserve, l'érosion des sols au Mayumbe. L'établissement de terrasses horizontales peut amener, dans certains cas, la constitution de bandes podzolisées.

Luki, le 18 août 1948.

(Voir annexes pages suivantes.)

BIBLIOGRAPHIE

P. MACAR. — *Principes de la géomorphologie normale*, 1946

HENRY. — *C. R. de la Semaine Agricole de Yangambi*, 1947

C. E. KELLOGG. — *The Soils that support us*, 1947.

L. CAHEN — *Missions d'études géologiques au Bas-Congo*, 1945 (inédit).

L. DE LEENHEER et G. WAEGEMANS — *Le Sol, Introduction à la Pédologie*, 1945

APPENDICE

Le terme podzolisation employé dans cette note est pris dans le sens large des auteurs américains (C E. KELLOGG, *The Soils that support us*, 1947) qui en fait un « terme générique se référant au (ou aux) phénomènes suivant lesquels un sol est appauvri en bases, devient acide et présente des horizons (A) superficiels, éluviaux et profonds (B) où il y a accumulation de colloides, de composés du fer et de l'aluminium. Ce phénomène est le mieux illustré dans les podzols types, mais influence également de nombreux autres sols sous forêt en climat humide »

ETUDES EN LABORATOIRE

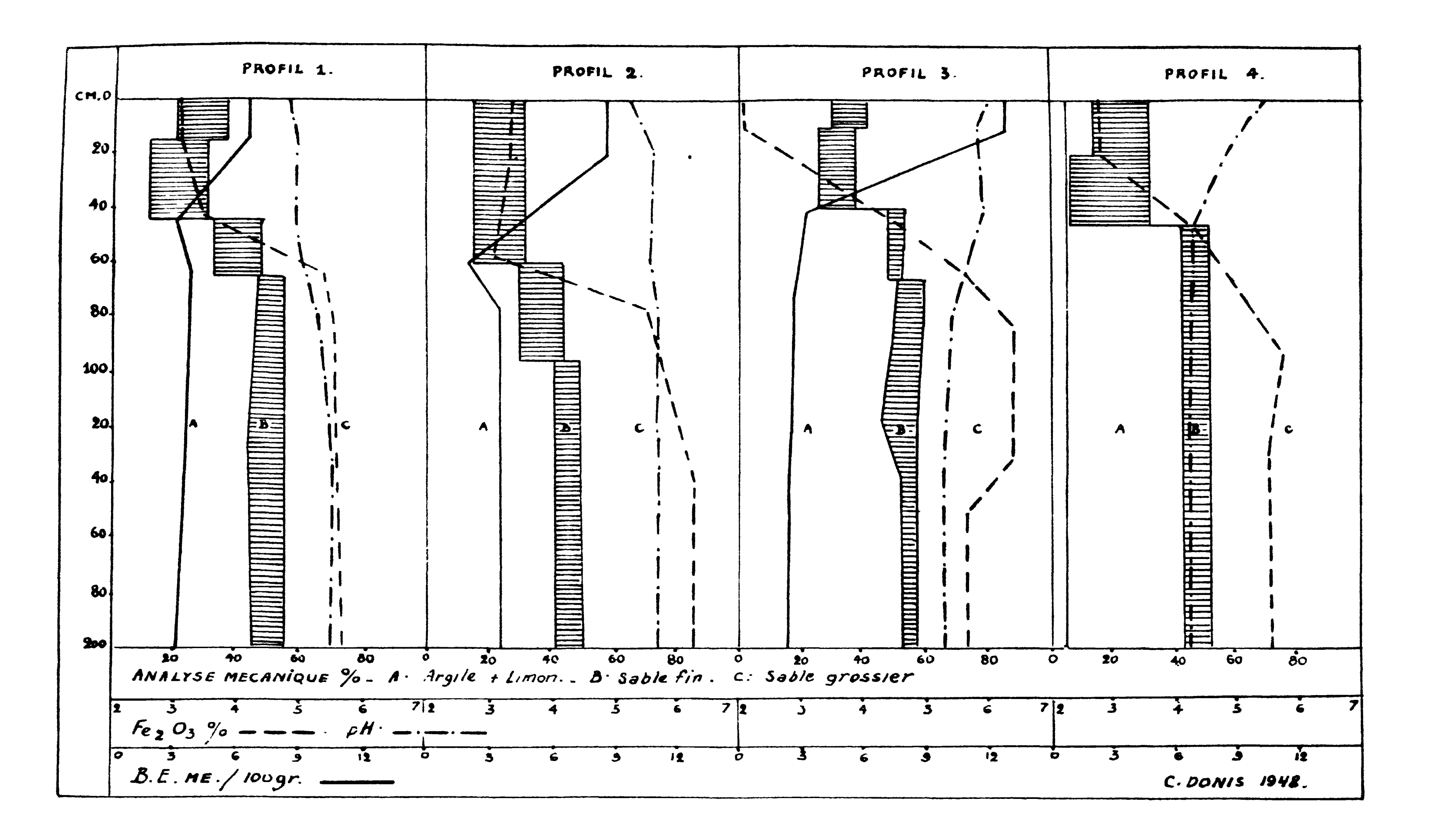
Les donnees de laboratoire sont reprises aux bulletins d'analyse n° 18, 1 et 2/48 de la Division d'Agrologie.

Les données les plus marquantes en ont été reportées sur les graphiques ci-joints

Les principaux points que l'étude en laboratoire a pu relever sont :

- la présence d'un horizon vers 40 cm, présentant une teneur moindre en argile + limon,
- une accumulation de Fe_2O_3 en profondeur.
- la faible teneur comparative en bases échangeables du profil n° 4.
- l'acidité de ces sols.
- la plus forte teneur superficielle en P_2O_5 dans les profils n°s 1 et 2 qui sont des profils de savane, par rapport aux profils 3 et 4 couverts de forêt.

(Voir page suivante)


PROFIL 1.
PROFIL 2.
PROFIL 3.
PROFIL 4.
CM.0
20
40
60
80
100
20
40
60
80
200
A
B
C
ANALYSE MECANIQUE %_ A· Argile + Limon._ B· Sable fin. C: Sable grossier
Fe2 O3 % — — —· pH· —·—·—
B.E. ME./100gr. ———
C. DONIS 1948.

INEAC — Division d'Agrologie: Laboratoire. Bulletin d'analyse n° 18/48.

N° Labor.	N° Prosp.	Analyse mécanique avec préparation: 0 à 0,002	0,002 à 0,02	0,02 à 0,2	0,2 à 2 mm.	Profondeur en cm	Agrégats: — de 2 mm	+ de 2 mm.	+ de 0 5 mm	— de 0.075 mm	Régime d'eau: Porosité	Macrostructure	Eau capil % vol.	Eau capil % poids	pH	C.	P²O⁵ H² SO⁴ n/20 mg./100 g.	B.E. HCL n/20 me./100 g.	CaO HCl n/20 me./100 g.	Observations
(1)	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)	(3)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	
21.091	99	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	4.8	8.2	—	—	—	Profil n° 1.
21.092	100	14	7	21.2	64.1	15	—	—	—	—	—	—	—	—	4.9	0.9	17.0	6.4	4.8	
21.093	101	9	3	20 2	70 5	45	12.1	21 9	61 4	4 5	41 9	11.6	30.3	19.7	4.9	0.3	5.0	2.9	2.4	
21 094	102	32	0	15 5	52.5	65	12.5	20.2	40.0	7 4	34 7	4.4	30.3	17.5	5.1	0 3	1 8	3.8	2.5	
21.095	103	40	7	13 2	46 1	85	15.3	25 5	47.0	6 7	35.4	4 8	30 6	17.9	5.3	0.2	1.8	3.8	2.5	
21.096	104	41	2	13 3	45.5	135	—	—	—	—	38 1	5 0	33.1	20.2	5.5	0.2	1.6	3.3	1.7	
21.097	105	42	2	12.2	45 6	185	—	—	—	—	38.3	4 6	33.7	20.6	5.5	0.1	1.5	3.2	1.6	
21.098	106	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21.099	115	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	5.3	—	—	—	—	Profil n° 2.
21.100	116	14	0	17.1	68.9	20	—	—	—	—	—	—	—	—	5.6	0.9	26.2	8.5	6.7	
21.101	117	9	5	21.7	68.8	60	—	—	—	—	—	—	—	—	5 6	0.1	2.8	2.0	—	
21.102	118	28	1	14 9	57.0	75	10 2	17.5	32.3	9 8	35 4	5 5	29.9	17.5	5 7	0 2	1.9	3.7	2.8	
21 103	119	36	5	13 0	50.5	140	15 7	25.1	51.4	10 0	36 2	4 8	31 4	18 6	5.7	0.2	1.5	3.5	2.5	
21 104	107	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	5.9	7 0	—	—	—	Profil n° 3.
21 105	108	25	5	15.3	59 2	10	—	—	—	—	—	—	—	—	5 8	1 5	4.1	12.9	10.0	
21 106	109	19	6	17 3	63.1	40	10.5	19 5	37 0	7 3	38 1	8.3	29.8	18.2	5 9	0.4	2.6	3.3	2.2	
21 107	110	42	5	10.3	47 2	65	28 6	41.7	58.2	5 0	35 8	4.0	31.8	18.7	5.7	0 2	2.8	2.9	1.2	
21 108	111	49	1	9 8	41.1	80	35 0	51 8	65 8	4 8	37 3	4 4	32.9	19.8	5.4	0 2	3.1	2.6	—	
21.109	112	46	0	9 9	44 1	130	—	—	—	—	38 1	3 5	34.6	20.7	5.3	0.1	2.7	2.6	—	
21.110	113	43	9	12 3	43 8	150	—	—	—	—	38 8	2 0	36.8	22 7	4.3	0.1	2.2	2.4	—	
21.111	120	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	5 4	10.6	—	—	—	Profil n° 4.
21.112	121	12	2	20.7	67 1	20	—	—	—	—	—	—	—	—	4.8	0 6	1.6	0.8	—	
21.113	122	6	0	26.2	67.8	45	—	—	—	—	—	—	—	—	4 3	0.1	1.2	0.8	—	
21 114	123	34	8	15.3	49 9	90	17 8	25 5	42 7	6.5	36 9	5 7	31.2	18.7	4.3	0.2	1.1	0.7	—	
21.115	124	34	9	16.9	48.2	130	15 6	26 3	41 8	6 3	38 1	5.5	32.6	19.4	4 2	0.1	1.4	0.8	—	

INEAC — Division d'Agrologie. Section B : Recherches. Bulletin n° 1/48.
Dosage du fer libre (Méthode Jeffries modifiée).

Numéros		Prof. cm.	Fe^2O^3 %	Observations	Numéros		Prof. cm.	Fe^2O^3 %	Observations
Labor.	Prosp.				Labor.	Prosp			
21.091	99	1	—	Profil n° 1	21.104	107	2	—	Profil n° 3.
21.092	100	15	3.08		21.105	108	10	2 05	
21.093	101	45	3.37		21.106	109	40	4.10	
21.094	102	65	5 35		21.107	110	65	5.72	
21.095	103	85	6 52		21.108	111	80	6.37	
21.096	104	135	6.59		21.109	112	130	6.37	
21.097	105	185	5.64		21.110	113	150	5 61	
21.098	106	—	—						
21 099	115	2	—	Profil n° 2.	21.111	120	2	—	Profil n° 4.
21.100	116	20	3.30		21 112	121	20	2 86	
21.101	117	60	3.08		21.113	122	45	4.25	
21.102	118	75	5.50		21.114	123	90	5.72	
21.103	119	140	6.24		21.115	124	130	5 65	

J. D'HOORE, Assistant

BULLETIN n° 2/48.

RESULTATS DE L'EXAMEN DES CONTACT-SLIDES PLACES DANS LE PROFIL N° 2

Profondeur 2 cm. — La microflore est extrêmement abondante et variée Les formes dominantes sont constituées par des hyphes de micromycètes engainées par des particules de matières organiques. Certaines de ces hyphes sont a des stades divers de lyse et sont alors associées intimement à de nombreuses formes bacillaires.

Les formes bacillaires sont extrêmement nombreuses et de morphologie très variée; elles sont présentes en de nombreux endroits, au nombre de plusieurs centaines par champ microscopique Parmi ces formes se trouvent de nombreux *Bacillus sporulés.*

Les formes bacillaires et les hyphes de micromycètes ont la dominance absolue Les formes coccoides isolées sont rares, en outre les colonies denses de petites formes coccoides sont à peu près inexistantes

Les filaments végétatifs d'actinomycètes sont assez rares, les chaines de spores sont inexistantes.

Profondeur 10 cm — L'abondance de la microflore est réduite dans une proportion extrêmement importante.

La microflore est constituée en majorité par de petites colonies de formes coccoïdes et des filaments végétatifs et sporules d'actinomycètes.

Les formes bacillaires ont presque complètement disparu et les hyphes de fungi sont rares.

Profondeur 40 cm. — La microflore a une composition très analogue à celle de l'horizon précédent, mais est notablement plus abondante.

Conclusions. — De l'examen de la microflore, on peut déduire les faits suivants, en se basant sur les données établies pour l'interprétation de la méthode.

Le sol de surface est probablement très riche en matière organique de décomposition facile et d'une réaction plutôt acide. C'est ce que traduit l'abondance des fungi et des formes bacillaires. Il semble que les produits résiduaires de la décomposition de cette matière organique et des produits du métabolisme microbien migrent rapidement en profondeur et que l'horizon A2 ne doit pas être très riche en humus.

H. LAUDELOUT, Microbiologiste.

Facteurs de la Pédogénèse Ecologie et influence de la couverture végétale

Pedogenis factors, Ecology and Effect of the vegetal cover

Liste des communications

The Role of South African Forestry in the Conservation of Natural Resources

by

C. L. WICHT, B. Sc., B. A., Dr.-Ing., F. R. S. (S. Afr.)
Chief Forest Research Officer, Union of South Africa.

The objects of forestry in South Africa transcend those aimed at in the conservation of the country's natural resources, because in addition to conserving the soils, water supplies, plant growth, and animal life on forest areas, it is creating and developing a new resource — a resource of timber. Extensive plantations of exotic trees are established on areas previously devoid of trees and are managed with considerable success.

Far-sighted men, notably Mr. Storr Lister and Sir David Hutchins, who came to South Africa from the Indian Forest Service, began the afforestation with fast-growing, exotic trees, sixty to seventy years ago. In the introduction of tree species from other countries, the establishment of plantations in scrub and grass vegetation, and the management and silviculture of these plantations, the Union of South Africa has since pioneered.

In the early development of the country the meagre natural forests were exploited for building timber. The growth of the mining industry greatly accelerated exploitation, and the forests made a significant contribution towards the development of the country, in general. Today the natural forests are being exploited to a limited extent, consistent with their silvicultural condition. They are being preserved also for their amenity values — aesthetic, scientific, protective and recreational.

The development of scientific forestry directed by men trained in France, Germany, England, Scotland, Holland, the United States of America, and, in recent years, in South Africa, has probably progressed further than in any other African territory, and brief notes on some of the activities of the South African Forestry Department are presented here, because it is thought that the experience which has been gained may be of interest and value to those who are working in less developed regions.

The basis of sound forestry is management to produce sustained yields. Good farming is permanent farming, deriving sustained yields from the land, without deterioration of soils and water supplies. Conservation of soils and water is therefore common ground for

farmers and foresters. It has been one of the chief objects of forestry in South Africa for seventy years, and this aspect of its work will be stressed here.

The progress which has been made by the Department in the utilization of timbers produced in South Africa, and the lead it has taken in establishing a local, saw-milling industry, are other subjects worthy of a close study, but these do not fall within the scope of this report.

PRESERVATION OF NATURAL VEGETATION.

The Department has converted over 400,000 acres (163,000 ha.) of natural grass and scrub veld the uniform plantations of exotic timber trees. Conversion is being accelerated to attain the rate of 35,000 acres (14,000 ha.) a year, and an area of 700,000 to 750,000 acres (about 300,000 ha.) will eventually be planted up. This is equal to about 21 per cent, of the total area controlled by the Department. Of the rest, about one per cent is open drift-sands, on which indigenous and exotic vegetation is being established. About 18 per cent. is indigenous forest area, which will be preserved indefinitely. About 60 per cent of Forestry Department lands, the remainder, are held solely to preserve the natural vegetation and protect soil and water supplies.

The total area controlled by the Department is less than 1.2 per cent of the area of the Union of South Africa, but the area is vitally important for conservation. For the most part it is situated on the coastal side of the mountain ranges, which follow the trend of the coastline, and seperate the moist, relatively narrow, coastal region from the extensive, dry, plateau regions in the interior. Rainfall is high, and the catchments of all important rivers and streams lie in these mountains. Preservation of the vegetation is essential to conserve soils on the highly erodable, steep slopes and safe-guard the water supplies.

By its example, the Forestry Department should also influence private owners of land who control the remainder of the high-rainfall regions extending from the vicinity of Cape Town to the east along the coast, through Natal to the escarpment of the Eastern Transvaal, and the Soutpansberg in the northern Transvaal. Farmers, mainly in Natal, have converted veld to plantations of tanning-bark wattles (*Acacia* species). In the eastern Transvaal, especially, *Eucalyptus* coppice-stands are grown extensively for mining timber, and more and more private plantations of *Pinus* species are being established for the production of box and building timber. Unfortunately private owners have not similarly emulated the Department in their treatment of open mountain veld. Here uncontrolled burning and over-grazing has been the rule.

Open veld controlled by the Department is not normally grazed. Usually it is unsuitable for constant grazing, because the slopes are



PLATE 1

Pinus patula SCHL. and CHAM. (imported from Mexico).

too steep and the veld too « sour » and therefore for the most part unpalatable to animals. Unless a particular area is specially selected for permanent protection from fire and all other outside influences, rotational, controlled burning without pasturing, is recommended. On these areas vegetation is well preserved and soil erosion is negligible. Other African territories would do well to consider whether they should not immediately place extensive areas such as these, which lie in or near forest regions, but are never likely to be used for forestry or agriculture, under the control of their forest officers, in order to ensure the conservation of vegetation and soils on them.

AFFORESTATION WITH EXOTIC SPECIES

The South African, indigenous, forest trees flourish only on very restricted sites, are slow growing, and do not yield the desired types of timber in sufficient quantities. The systematic introduction of exotics for timber and tanning bark production, for fodder trees, ornementals and shelter, and for fuel production, throughout the country, has therefore been conducted for many years.

The South African Forestry Department is at present concentrating on the production of saw-timber through the economically sound management of plantations of exotics. Various species of *Pinus* are used in different parts to produce softwoods, which have earned a firm place on the South African timber market. These plantations have been described by W. E. Hiley, the well-known British authority, as without question to the finest he has ever seen.

During the war saw-log production in South Africa rose 1,000 per cent, and the yeild of softwood timber, mainly from the thinning of plantations established since 1920, was a remarkable achievement, which saved the building industry when importation of timber was cut off.

Pine plantations have proved so remunerative, that they have become an attractive investment for private capital. Recently, for example, a private project was launched in Swaziland to afforest 40,000 acres at the rate of 8,000 to 10,000 acres a year.

Many *Pinus* species have been tried. In the winterrainfall, medit-terranean climate of the Cape Province, *Pinus radiata* D. DON. (*P. insignis*), is the chief species. The second species there is *P. pinaster* SOLAND (*P. maritima*), which becomes the main species in the constant-rainfall region of the Cape Province. It has been proved, that the Portuguese geographic race of *P. pinaster* from Leiria in Portugal, is superior to any other under South African conditions. For poles, especially telegraph poles, *P. canariensis* SMITH, is grown in the Cape regions. To a lesser extent *P. taeda* LINN, and *P. caribaea* MOR., are used in the constant rainfall area. Other species have not been so widely planted.

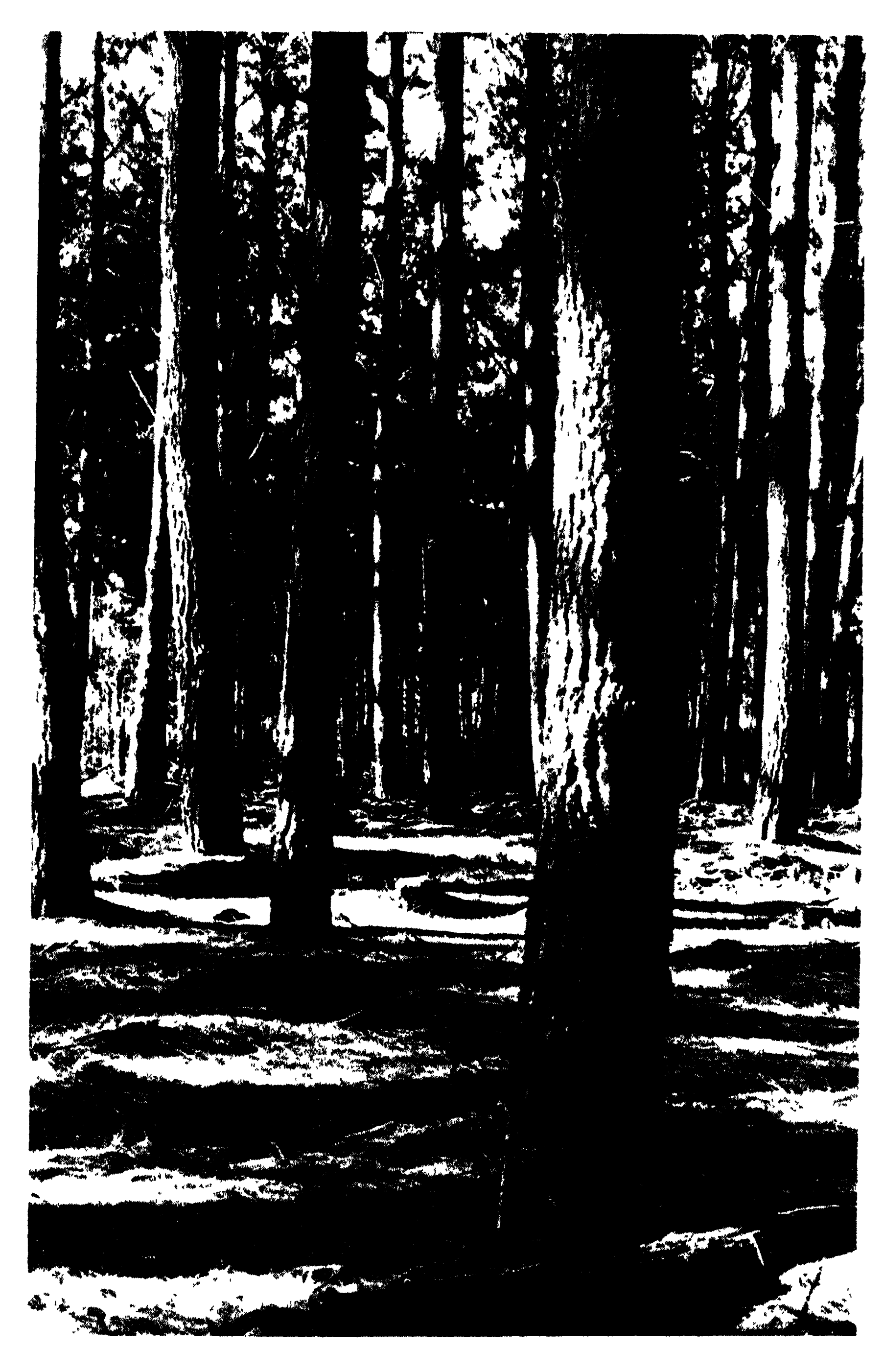


PLATE 2.
Pinus pseudostrobus LINDL.

PLATE 3.

Eucalyptus saligna SM

(especially planted for the production of mining timber)

The chief species in the summer-rainfall parts is *P. patula* SCHL. and CHAM. at present (see plate : 1), one of the pines imported from Mexico. During 1947, an officer of Department spent a year in Mexico studying pines. Valuable information was accumulated and seeds for trial were collected. A quantity of seed was obtained of the very promising species *P. pseudostrobus* LINDL., (see plate : 2) which will no doubt be much more extensively used in future. *P. taeda,* LINN.; *P caribaea*, MOR.; *P. longifolia* ROXB.; and, on a smaller scale, some-other species, are also used in the summer-rainfall parts.

In the more tropical coastal region of Zululand, a species known as *P. caribaea,* but which will most likely be renamed, has been very successful on a small scale. Seed was originally imported from British Honduras, and efforts are now being made to procure further supplies.

Eucalyptus species from Australia have been introduced and are being used for multiple purposes in all parts of the country. A valuable reconnaissance of the forest trees of Australia from the point of view of their cultivation in South Africa, undertaken in 1924 by C. C. Robertson, at that time a senior official of the Department, has formed a basis for the introduction of *Eucalyptus* species. Some 150 species are grown for timber production, shade and ornament. The most extensive afforestation, especially in the Eastern Transvaal, has been for the production of mining timber, and the species which has proved particularly suitable is *E. saligna* SM. (see plate : 3).

Wattles are grown particularly in the Midlands of Natal for tanning bark. The chief species is *Acacia mollissima* WILD. (see plate : 4). Private enterprise dominates this industry, which is so extensive that an independent Wattle Research Institute was recently established, in Pietermaritzburg, Natal.

Populus species are grown on a smaller scale on alluvial soils for the production of matchwood.

There can be little doubt that plantations of timber trees could be equally successfully established in other African territories. A beginning has been made, e.g. Cypress plantations in Kenya. It is suggested that here is a line of development which should be further explored. There may be no shortage of timber at present, but it may be advisable to anticipate such a shortage by investigating the possibilities of afforestation well in advance. The rapid development of the central African territories, entailing the clearing of forests for agriculture and the heavy exploitation of natural forests, is bound to lead to a timber shortage, probably much sooner than is generally expected.

It would be impossible to record here even the main exotic species used in all parts of the country for shelter, ornament, fodder and fuel. The tall exotics have become part of the South African landscape. Most of these have been introduced and distributed by the Forestry Department.



PLATE 4
Acacia mollissima WILD.
(for tanning bark.)

The part that afforestation can play in the conservation of soil by protecting against wind erosion, arresting the development of dongas and replacement of dung by wood fuel for domestic purposes, is exemplified by the Transkeian Territories. In a paper submitted to the Empire Forestry Conference held in Britain in 1947, Mr. W. E. Watt, Director of Forestry, described the situation in these words : « These Territories are reserved for the exclusive use of Natives and are situated in the eastern corner of the Province of the Cape of Good Hope, South of Basutoland and Natal. In 1943 Mr. A. J O'Connor, thên Director of Forestry, pointed out the part that forestry must play in the social and economic rehabilitation of the Transkei. There are some 250,000 Native families living in 16,400 square miles in the Transkei. Coal is not available as fuel, except at a cost far beyond the means of the inhabitants, as it has to be transported very long distances by rail and road. Some fuel can be obtained without harm from the small areas of existing forest, but great stretches of the country are bare of any tree growth and the inhabitants rely on dung for fuel. Allowing 6 tons of wood per family per year for fuel and other requirements, something like 1 1/2 million tons of wood should be available annually. This will entail planting an area of some 250,000 to 300,000 acres additional to existing natural and planted forests. The fuel requirements should be met, in the first instance, by the establishment of village woodlots distributed over the whole territory, and secondly, from existing forests and from belts and groups planted to provide shelter against cold in the grazing areas, to break the force of desiccating winds, to prevent wind erosion in the cultivated areas and to cure and control water-erosion on the denuded river and stream banks. The quantity of dung used as fuel, instead of being returned to the soil as manure, must be enormous and the production of wood for fuel is not only justified but essential solely for this reason. »

The Transkei has been given as a specific example, but the same state of affairs exists in other parts of the country in areas occupied by Europeans as well as in areas occupied by Natives. Similar conditions probably prevail in other African territories.

To encourage tree-planting on forms, the South African Government introduced a scheme in 1946, whereby *bona fide* farmers can purchase transplants of plantation species up to a maximum of 12,500 in any one year from Forestry Department nurseries for 20 shillings per 1,000, which is lower than the cost of raising these plants.

These efforts have made the country, which because of its treeless nature, was described by Max O'Rell in 1894, as « scarcely more clothed than the natives who inhabit it », conscious of the value of trees.

FIRE PROTECTION

One of the chief tasks of forestry in South Africa is to protect the valuable plantations and also the important catchment areas from fire.

The natural sclerophyll scrub vegetation of the South Western Cape, becomes highly inflammable during dry periods, and a fire once started in rank scrub is extremely difficult to extinguish. The effects of fire on the scrub have been studied in some detail, and it has been found that this vegetation is well able to survive repeated burning provided this is not followed by heavy pasturing. In consequence of these findings a system of controlled, patch burning is now favoured. By such burning, buffer zones can be created around plantations and other areas that are to be permanently protected.

The grass and scrub vegetation of the summer rainfall regions, becomes inflammable in the dry winter. Grass fires are however easier to control and fire belts, burnt clear, are usually adequate.

Details of actual protective measures applied, vary considerably in accordance with local conditions, but general principles have been laid down.

Apart from protective measures in adjacent veld, a 3 chain wide (60 m.) belt is laid out along the perimeter of plantations. At least half a chain (10 m.) is left open on the perimeter, but the rest of the belt may be planted, usually with a *Eucalyptus* species, under which the ground is kept clear of all growth, and debris is periodically raked clear and burnt.

Internal protection is facilitated by dividing the area into fire control units of about 400 to 600 acres (160 to 240 ha). These are separated by 3 chain (60 m) belts, which usually follow the crests of ridges. Indigenous forest remnants are if possible included in the system of belts, as these are not highly inflammable. Fire control units are further divider into sub-units of 100 to 150 acres (40 to 60 ha) by narrower belts. These are usually live-belts, generally planted with *Eucalyptus* species, under which the ground is kept clear. These belts are often laid out along ridges, but roads and paths are also followed if possible.

Belts are lines from which fires can be combated. When an outbreak is reported from established lookout stations or otherwise, a labour force is at once rushed to it and every effort is made to extinguish the fire before it spreads.

In dangerous areas, during the fire season lookout stations are manned night and day, alarm-signals are arranged, stores of fire-fighting equipment are kept in readiness at strategic points, and the general organisation for fire protection becomes a major activity of the forestry officials in charge.

The Forest Act No. 13 of 1941, makes legal provision for the protection of crown and private forests from fire and the regulation of veld-burning.

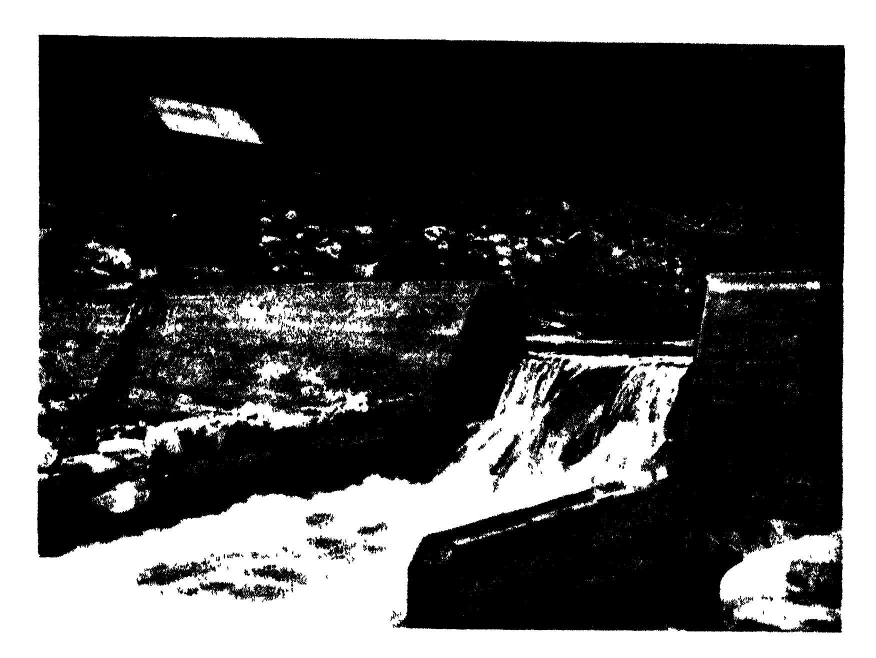


PLATE 5.
Hydrographs automatic recorder.

WATER CONSERVATION.

The Forestry Department has, in view of the importance of forestry lands for water conservation, undertaken comprehensive research to determine the effects of its activities on water supplies.

Two research stations have been established, one at Jonkershoek, in the winter-rainfall region, about 35 miles from Cape Town, and 6 miles from Stellenbosch, and one at Cathedral Peak, in the summer rainfall region, about 26 miles from Winterton in the Bergville district of Natal. The investigations at these centres are analytical and experimental. The primary object is to determine the effects on the discharge of streams, of applying various forms of management in cachment areas. At Jonkershoek three forms of management afforestation with exotic timber tree species, protection of natural scrub vegetation, and broadcast burning — are experimentally applied over whole catchments. At Cathedral Peak, the forms of management tested, include : afforestation with exotics; various systems of controlled broadcast burning, grazing and mowing; and protection of natural vegetation.



PLATE 6.
Arresting and stabilisation of blown sand.

The streams that are investigated are small, natural, mountain torrents, and in order to ascertain the effects of treatment on these it is necessary to understand the fluctuations in discharge of such streams thoroughly. This is achieved by detailed analysis of hydrographs derived from automatic recorder charts (See plate : 5).

The South African Forestry Department has thus begun to test the effects of various forestry forms of lang management on water supplies. The far more extensive and important agricultural forms of exploitation of land, have not yet been studied in this way. There appears to be a great need for expansion of the study of potamology, i.e. streamflow, in all African territories. Fundamental, analytical studies of stream discharge with the object of disclosing the factors that determine fluctuations in discharge; and, the initiation of comprehensive, experimental investigations to discover the effects of all forms of land management on streamflow, should not be delayed. In South Africa deficient knowledge of hydrology is today a serious handicap in carrying out conservation. Other African territories can anticipate this difficulty by undertaking the necessary research at once. All phases of the water-cycle should be investigated. Exploratory work in the United States of America, and in the Union of South Africa, has solved most of the difficulties in methods and technique, and has paved the way for the immediate extension of hydrological research.

The ancient egyptians recorded the flow of the Nile, and interpreted these records to their advantage. They gauged rainfall much as we do today. It would seem that there has been an over-long delay in extending the investigation of hydrology, initiated in ancient Egypt, to all other parts of the African continent.

RECLAMATION OF DRIFT SANDS.

The arresting and stabilisation of blown sands along the South African coast line, has been the responsibility of the Forestry Department. The work is comparable to that which was done in *Les Landes* in France.

Reclamation was commenced on the Cape Flats by Mr. Storr Lister in 1877. Notable success has been achieved there, in the vicinity of Port Elizabeth, and elsewhere. Some areas are already built up, others under *Acacia cyclopis* A. CUNN; *A. saligna* WENDL.; other *Acacia* species, and miscellaneous trees of various kinds, yield valuable fuel, and no longer constitute a danger to adjacent lands and structures.

RESEARCH.

A feature of Forestry in South Africa has been the manner in which research has been encouraged. The results of research have, moreover, been readily accepted and applied in practice. A long-term research policy has been followed which in now yielding results.

The systematic introductions and trials of new species have been particularly successful. These investigations were placed on a sound scientific basis by applying plant geographical and ecological knowledge. The South African Government did not hesitate to send men to study trees in their native countries, for example, *Pinus pinaster* in the medditeranean countries, *Eucalyptus* and other species in Australia, and *Pinus* species in Mexico.

Field experiments to investigate the silviculture of wattle and pine stands have led to the adoption of original silvicultural systems, which have contributed much to the economic success of the tanning-bark and softwood industries.

Research on the strength timbers, particularly the relationship of strength to rate of growth, has also yielded original results of great value. These have established, that the timber produced by applying approved South African silvicultural treatments in plantations, is entirely satisfactory for the purposes for which it is intended.

The newest fields of research that have been entered are forest influences or forest hydrology, and genetics of forest trees. In both these fields preliminary results of value have been obtained.

The most significant lesson learnt by experience during the growth of forestry in South Africa is perhaps, that the development of a new industry of this type in a new country, demands long-term, planned research to place it upon a sound foundation. This research cannot be started too soon.

European Governments interested in African territories may be inclined to judge the present administration on the current production of raw materials, and the favourable balance of income over expenditure as this time, but that is a short-sighted attitude. The true success of the present administration of an undeveloped territory, will become apparent in 20 or 30 years time only, when it will be possible to judge whether permanent farming and sustained-yield forestry have been introduced. This is tantamount to insisting that the conservation of natural resources during the development of the land, should be the criterion on which, an administration should be judged. On this premise no administration can be successful without full knowledge of the natural resources of the country and the manner in which these will be influenced by methods of exploitation and management. This knowledge can be obtained only by fundamental, far-sighted research, the immediate value of which will be obscure, the future value, assured. The initiation and development of such research at an early stage, is a return due to the African territories from which the present administration are reaping rich harvests.

Observations sur l'instabilité de certaines forêts de la Haute-Guinée française en rapport avec le modelé et la nature du sol

par

R. SCHNELL,

Chargé de recherches à l'Institut Français d'Afrique Noire.

De nombreuses causes, sur lesquelles l'attention a été attirée par divers auteurs, sont susceptibles d'orienter l'évolution des formations secondaires soit dans le sens progressif, soit dans le sens régressif, c'est-à-dire, en fin de compte, de permettre la reconstitution de la forêt dense ou, au contraire, l'installation de la savane. Parmi ces causes, la répétition des défrichements, l'emploi de techniques agricoles épuisantes, la propagation des feux, la proximité des savanes, l'humidité climatique, jouent un rôle décisif. La région montagneuse du Nimba, en Haute-Guinée française, où des sols à carapace voisinent avec des sols qui en sont dépourvus, permet de comparer l'évolution des formations secondaires dans ces deux milieux différents et de mettre en évidence l'influence de la carapace sur cette végétation.

REPARTITION ACTUELLE DES FORETS ET DES SAVANES DANS LA REGION DES MONTS NIMBA.

Dans la portion N.-E. de cette région montagneuse, coexistent les sols à carapace et les sols sans carapace (ces derniers étant à considérer comme des sols jeunes, formés après l'ablation de celle-ci par l'érosion régressive), on constate que les savanes et les prairies sont essentiellement localisées sur les sols à carapace, celle-ci étant soit affleurante, soit recouverte d'un horizon meuble rouge; la forêt, par contre, est surtout développée dans les régions dépourvues de carapace; elle

peut cependant se rencontrer également en certains emplacements pourvus d'une carapace, même recouverte d'un horizon meuble peu épais. Au pied de la montagne, sur les bas contreforts et sur les plateaux qui les prolongent et sont comme eux pourvus d'une carapace, s'étendent de vastes clairières de savanes à Andropogonées ou de prairies à *Loudetia arundinacea* (cette graminée formant des peuplements denses sur certains *bowal)*. La forêt occupe les vallées qui entaillent ces plateaux à carapace. Ce sont également des forêts (généralement secondaires) et des brousses secondaires qui recouvrent les pentes et les collines dépourvues de carapace grâce à l'érosion. Dans ces régions, on observe, sur l'emplacement des anciens défrichements, une reconstitution progressive du couvert ligneux, passant par les stades classiques connus dans la région forestière : brousses arbustives à *Macaranga huraefolia, Alchornea cordifolia, Harungana madagascariensis Trema guineensis*, forêts secondaires à *Triplochiton scleroxylon, Pycnanthus kombo, Terminalia superba*, etc.

L'existence de vestiges de *deciduous-forest* sur les plateaux à carapace, de même que la flore pauvre des clairières de savane (où font défaut la plupart des espèces arborescentes des savanes guinéennes) démontrent que ces clairières sont secondaires, et ont succédé à la forêt détruite. Près de Séringbara, au pied du Nimba, la carapace est entièrement dénudée sur de vastes espaces; pourtant de vieilles termitières de *Bellicositermes*, hautes d'environ 3 mètres, s'y dressent; elles témoignent de l'existence ancienne d'un sol meuble superficiel, à partir duquel elles ont été édifiées; le maintien de ce sol meuble jusqu'à cette époque avait très probablement été possible grâce au couvert forestier; la déforestation a entraîné son lessivage.

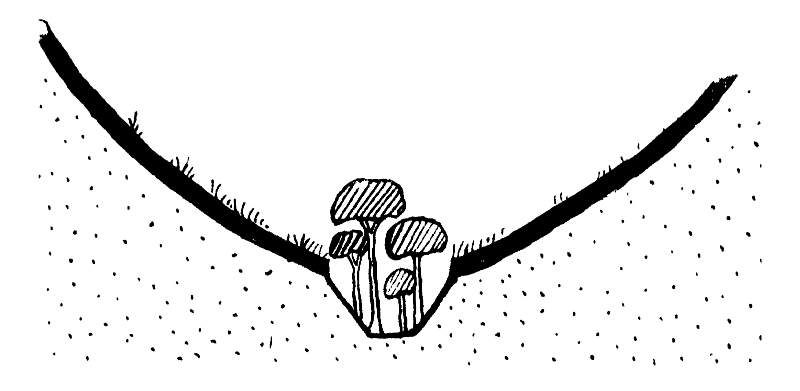
Une structure identique s'observe dans les régions supérieures où, comme nous l'avons montré par ailleurs, une forêt montagnarde basse devait recouvrir à l'origine la majeure partie des versants et des crêtes. Actuellement, la forêt montagnarde à *Parinari excelsa* y est presque exclusivement localisée dans le fond des ravins. Très fréquemment ceux-ci présentent une structure très particulière constituée par l'emboîtement de la vallée actuelle dans le fond de la vallée ancienne, où les dépôts torrentiels fossiles sont durcis en carapace; on constate alors que la forêt est généralement localisée dans la vallée actuelle, les corniches coïncidant avec la lisière. Extérieurement à ces corniches, sur le sol à carapace, on ne trouve que des vestiges forestiers peu importants et peu fréquents, constitués d'arbres beaucoup plus petits; il s'agit d'une forêt montagnarde basse, semblable à celle qui occupe encore les crêtes sud-ouest et à celle qui constitue d'assez importants lambeaux sur les pentes supérieures du massif de Fon jusqu'à 1.650 mètres d'altitude. Cette forêt montagnarde basse, dans le Nimba Nord-Est, a pratiquement disparu en totalité, de sorte que la sylve primitive n'y a, dans l'ensemble, survécu que dans les vallées.



Répartition de la forêt et de la savane
en rapport avec la présence de la carapace, au pied des monts Nimba.
La carapace est figurée en noir.

INFLUENCE DE LA CARAPACE SUR LA STRUCTURE DE LA FORET.

Au point de vue floristique, les forêts occupant les pentes ou les plateaux à carapace se caractérisent par une composition typique de *deciduous-forest;* on y trouve en abondance *Triplochiton scleroxylon, Aubrevillea Kerstingii, Chrysophyllum perpulchrum, Chlorophora* af. *excelsa, Piptadenia africana, Sterculia tragacantha,* etc. Ces forêts s'apparentent aux forêts également du type *deciduous* qui occupent, dans le Nimba Nord-Est, certaines pentes dépourvues de carapace, mais elles se distinguent en général de celles-ci par la hauteur moins grande de leur voûte. Dans les ravins situés en contrebas des pentes à carapace, la forêt est nettement plus haute et elle s'enrichit en espèces plus hygrophiles, parmi lesquelles *Chidlovia sanguinea* est souvent très abondant dans les thalwegs. En certains points (notamment vers 800 mètres, c'est-à-dire à proximité de la lisière supérieure de la forêt continue), la couche de terre qui recouvre la dalle ferrugineuse est très faible; dans plusieurs cas même, elle ne dépasse pas quelques centimètres, et la carapace est parfois affleurante. La forêt se main-



Profil transversal d'un ravin supérieur du Nimba N.-E
La forêt a disparu dans les régions périphériques pourvues d'une carapace.
(En noir, la carapace).

tient quand même, grâce à la protection réalisée par sa voûte, mais il est hors de doute qu'elle serait incapable de se régénérer si elle était abattue.

Au pied du Nimba Nord-Est, j'ai pu observer, près du village de Kéoulenta, un boqueteau relique de *deciduous-forest* entièrement entouré par la savane, sur un sol subhorizontal. Cette savane est parcourue chaque année par les feux. Le bosquet possède un sous-bois arbustif et lianescent à peu près inextricable, qui témoigne d'une profonde dégradation. Celle-ci est manifestement le résultat de la pénétration des feux, qui ont progressivement détruit son sous-bois et une partie de ses petits arbres, permettant l'installation d'une végétation secondaire elle-même combustible. La destruction, vraisemblablement commencée par les défrichements, est continuée par les incendies annuels. Rien de comparable aux brousses secondaires denses et incombustibles que l'on observe, tout près de là, aux endroits dépourvus de carapace.

En ce qui concerne la forêt montagnarde, l'influence de la carapace est considérable. Sur les crêtes et les pentes supérieures possédant une carapace à faible profondeur, la forêt ne dépasse pas 10-15 mètres de hauteur; elle est essentiellement constituée d'arbres ramifiés à faible hauteur du sol : *Parinari excelsa, Sersalisia djalonensis, Syzygium montanum, Uapaca togoensis, Eugenia coronata, Gaertnera Cooperi, Garcinia polyantha,* etc. Telle est, par exemple, la structure de la forêt basse qui occupe les crêtes Sud-Ouest de la chaîne, à 1.200 mètres d'altitude environ. Cette forêt s'oppose à celle qui, sur le mont Tonkoui, en Côte d'Ivoire, renferme, à la même altitude, grâce au sol plus épais, bon nombre d'espèces de basse altitude (*Alstonia congensis, Piptadenia africana, Parkia bicolor, Uapaca guineensis, Canarium Schweinfurthii, Chrysophyllum perpulchrum,* etc.), signalées dès 1938 par A. Aubréville. La forêt basse des crêtes Sud-Ouest du Nimba s'oppose également à la forêt haute qui occupe les pentes sous-jacentes, à sol meuble épais, et qui renferme, à l'altitude 1.000 : *Parinari excelsa, Lophira procera, Alstonia congensis, Parkia bicolor, Sersalisia djalonensis, Pachylobus trimera,* etc. La forêt montagnarde basse sur dalle ferrugineuse est à considérer comme un facies édaphique, la forêt climatique de ces régions élevées étant une forêt apparentée aux forêts équatoriales des basses altitudes.

Cette différence structurale des forêts montagnardes s'accompagne d'une différence de stabilité comparable à celle que manifestent les forêts inférieures. Dans les ravins boisés, jusqu'à 1.600 mètres, les trouées de la forêt sont envahies par une brousse dense qui reconstitue progressivement un couvert arborescent. Sur les pentes à sol épais du Nimba Sud-Ouest, la présence de quelques groupes d'essences

secondaires démontre qu'il y a eu, en quelques points, des éclaircies de la forêt haute à *Parinari*, où la végétation s'est ultérieurement reconstituée. Par contre, sur les crêtes à carapace du Nimba Sud-Ouest, quelques clairières que l'on peut observer ne paraissent pas, malgré l'absence des feux de brousse annuels, évoluer de façon sensible vers une reconstitution du couvert arborescent primitif; on n'y observe qu'une végétation secondaire assez pauvre, dépourvue de jeunes individus des espèces primitives. On conçoit que ces formations dégradées, à la végétation peu dense, présentent une grande sensibilité aux feux; c'est par un tel mécanisme que paraît s'être effectué la grande extension de la prairie des crêtes nord-est aux dépens de la forêt montagnarde primitive.

CONCLUSION.

Instabilité des forêts sur carapace. Effets sur l'évolution des sols.

L'instabilité de ces forêts sur carapace, tant dans les régions supérieures que sur les basses pentes, est comparable à celle des *deciduous-forests* septentrionales, signalée par A. Aubréville (1932). Nous ne pouvons évidemment affirmer qu'en l'absence des feux ces forêts n'arriveraient pas, à la longue, à se reconstituer, mais il importe de noter la grande fragilité qu'elles manifestent dans les conditions actuelles, et qui les oppose aux forêts sur sol meuble. Il est possible que ces forêts sur carapace se soient installées jadis dans des conditions plus favorables; actuellement, elles se maintiennent, suivant l'expression d'A. Aubréville, par *self-protection*. La carapace, par son imperméabilité, favorise sans aucun doute la dessiccation du sol meuble superficiel au cours de la saison sèche; si le couvert arborescent est détruit, ce dessèchement sera tel que seules des formations xérophiles, plus ou moins combustibles, pourront s'installer sur son emplacement; la destruction est alors, dans les conditions actuelles, définitive.

Cette instabilité des forêts sur carapace explique le rôle des corniches qui limitent la dalle ferrugineuse sur le bord des vallées. La lisière forestière recule progressivement jusqu'à ce qu'elle coïncide approximativement avec ces seuils rocheux qui jouent, par ailleurs, un rôle de pare-feu. Cette structure s'observe aussi bien au pied de la montagne que dans les régions supérieures. Elle représente le stade final, stable, vers lequel tend la végétation sous l'action des conditions actuelles (climat, défrichements, feux).

La disparition du couvert arborescent protecteur a pour effet d'entraîner le lessivage du sol meuble. En fin de compte, la carapace affleure en *bowal*, et la seule végétation qui s'y développe est une prairie xérophile, telle que les prairies à *Loudetia arundinacea* des plateaux situés au pied du Nimba. Le qualificatif de *prairies irréver-*

sibles leur est applicable. Tous les stades de cette dégradation du sol, conséquence de la disparition de la forêt, s'observent, comme nous l'avons signalé, dans cette région. Le lessivage s'exerce même lorsque la surface est subhorizontale; les dalles ferrugineuses aplanies du pied du Nimba en témoignent.

Ainsi, du fait de l'instabilité de la forêt dense qu'elles portent, les régions à carapace, après une brève période d'utilisation agricole, se trouvent définitivement stérilisées et échappent pour toujours au cycle des rotations culturales et à l'économie du pays. Au point de vue pratique, le maintien du régime forestier sur ces sols s'impose, les défrichements culturaux restant localisés dans les régions souvent étendues, qui sont, au contraire, dépourvues de carapace. La coexistence des deux sortes de sols, dans une région comme celle des monts Nimba, permet d'établir une telle discrimination entre les terrains à vocation agricole et ceux où la forêt doit être conservée.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE SOMMAIRE.

A. AUBRÉVILLE. — La forêt de la Côte d'Ivoire (*Bull Comite Et. hist et Scient. A.O.F.*, 1932, XV, 2-3, pp. 205-249)

A. AUBRÉVILLE. — La forêt coloniale. (*Mémoires Acad. Sc col.*, Paris, 1938).

A. AUBRÉVILLE. — Etude forestière de la région montagneuse de Man (*Med Acad. Sc. Colon.*, Paris, 1938).

A. AUBRÉVILLE. -- Erosion et bovalisation en Afrique Noire francaise. (*L'Agronomie Tropicale*, 1947, *7-8*, pp 339-357).

A. AUBRÉVILLE. — Les brousses secondaires en Afrique équatoriale. (*Bois et Forêts des Tropiques*, 1947, n° *2*, pp. 24-35)

J. LEBRUN. — Répartition de la forêt équatoriale et des formations végétales limitrophes. (Bruxelles, 1936).

R. SCHNELL. — La forêt montagnarde des massifs quartzitiques du Nimba et du Simandou (Guinée française). (*Bull. Soc. Botan. Fr*, 1945, 92, pp 175-179).

R. SCHNELL. — Sur l'origine des savanes de la région des monts Nimba (Guinée française). (*Bull. Soc. Bot. Fr.*, 1945, pp. 249-251).

Forest Reservation in the Gold Coast

by

Mr. Alistair FOGGIE,
Senior Assistant Conservator of Forests.

The Gold Coast is a territory with a sea front on the Gulf of Guinea of 260 miles from 1° East to 3° West Longitude and extending inland for 400 miles from 5° to 11° North Latitude.

It has a total land area of 91.843 square miles and a population according to the 1948 Census of 4.095.000 of whom 4.088.000 are indigenous.

The land is generally of low relief rarely exceeding 2.000 ft. There is, however, a very important watershed generally known as the Scarp which runs from North West to South East till it reaches the valley of the Volta River near its outflow to the sea. All land to the North East of it drains to the Volta while South West of it drains to the sea.

Politically, the country is divided into four, the Gold Coast Colony proper, Ashanti, the Protectorate of the Northern Territories and British Mandated Togoland.

When considering the existing allocation of land as between agriculture, grazing and forestry in the Gold Coast, it is essential to remember that the British Colonial Government has not at any time, and does not now lay any claims to the ownership of land in any part of the area. Excepting certain small areas which have been taken over or purchased by Government for specific purposes such as European townships, railway land, land for waterworks and one Forest Reserve of 50 square miles, the ownership of all land is vested in the indigenous population mainly in customary ownership under native law. In the Northern Territories the land is considered by the indigenes as part of their religious beliefs to have an entity of its own and is not owned but held by the people under religious practices. This is recognised by the Government.

There is in the Gold Coast therefore no such thing as definite allocation of land as between agriculture and grazing; and only since 1927 have powers been taken under the Forest Ordinance to allocate

land to forestry. Here again this does not alter the ultimate ownership of the land which remains vested in the tribe occupying it or in native purchasers of such land. The powers of these owners are restricted in reserved forest land in that it cannot be put to use other than the growing of a forest tree crop, and its management as such is largely in the hands of the Colonial Governments Forest Department, but the profits of such use accrue to the ultimate land owner.

When this is borne in mind it will be seen that, as reservation of forest land only commenced on an extensive scale in 1927, the existing distribution of forest, agriculture and grazing on the land is the resultant of economic and bionomic forces on the indigenous population working within the physiographic framework of conditions and is not the result of any planned or directed effort by the British Colonial Government.

As such, any analysis of the present conditions can only be of value when considered in relation to ecological regions and in this respect the Gold Coast can be divided into four such regions.

They are :

The **Closed Forest Zone**, the « Zone de la forêt dense » of M. Aubréville;

The **South Eastern Savannah Zone**, a triangle stretching from Winneba to the frontier of French Togoland and extending northwards into British Togoland;

The **Savannah Forest Zone**, covering the greater part of the Northern Territories, north Ashanti, northern Togoland and extending down the Afram River in the Colony as far as its confluence with the Volta;

and lastly :

The **North Eastern Savannah Woodland Zone** in the north eastern corner of the country, this is also a savannah woodland or forest zone but requires separate consideration.

The Savannah Forest Zone is M. Aubréville's « Zone des savanes boisées guinéennes », including the vegetations of his « District préforestier » and « District de la Guinée française ». The North Eastern Savannah Woodland Zone has considerable affinity with his « Zone des savanes boisées soudanaises », climatically, it does not fall within the limits he gives, however, and it is probably an extension southwards of his zone effected by extreme density of population.

These regions will be considered independently in the rest of this paper.

THE CLOSED FOREST ZONE

This covers the southwestern corner of the Gold Coast extending up the western frontier with the French Ivory Coast as far as latitude 7°45 North. The approximate present boundary of the zone runs East and then South East down the valley of the Afram till it reaches the Volta : it is generally beyond the watershed of the Scarp. Beyond the Volta there is an outlier of this zone over the Togoland hills. To the South East lies a savannah zone. Between the closed forest zone and this zone the boundary is very indefinite as subject to intensive interference by cultivation but may be taken at present to run down from Ho through Akuse to the coast West of Winneba.

The climate of this zone may be defined as having an annual rainfall generally exceeding 1,350 mm. (53") but occasionally as low as 1,270 mm. (50"), distributed in two peaks generally June and October but with considerable variation from year to year. The dry season is generally only of three months duration with a monthly rainfall in occasional storms of 25 to 50 mm. (1-2"). The relative humidity at 9 a.m. is high throughout the year at 80 %.

The natural climax vegetation of this zone is the Tropical Closed Forest with edaphic variations. Few areas of entirely virgin forest remain however. Throughout the centuries the indigenous peoples have farmed through it with their shifting cultivation and though in the past with very long fallows the forest has returned to practically its original state, on the margins there have been encroachments by the savannah forest following fire. With the increase of population following British occupation, the cessation of tribal wars and slave raiding, the development of mining trade and the introduction of cocoa cultivation there have been great alterations to the vegetation and considerable areas are now under crops. These are either plantation crops such as cocoa, oil palm, kola or citrus or annual or triennal food crops. Considerable areas are under such short fallows that they do not develop beyond a dense bush stage. Where land is under fallow long enough for a true forest structure to be formed it is classed as forest.

The area of this zone was on the latest (1947) estimate of the Forest Department placed at 30,385 square miles of which 16,900 square miles were still under forest or 55.6 %. The population within this zone on the 1948 census is estimated to be 2,250,000.

Cocoa, kola and citrus production is wholly confined to this zone and the major oil palm production also falls within it. The staple food crops are plantains and cocoyams (taro, Colocasia antiquorum) with maize and cassava as secondary crops. The true yam (Dioscorea sp.) is also grown but not quite in the quantity of the others. Rice is also grown and its cultivation is extending.

The fact that the true yam has not been the prime staple in the Gold Coast Closed Forest Zone has had considerable effect on the vegetation. To attain a full yield of yams complete clearance of the forest is necessary with intensive cultivation. The Gold Coast peasant has been content in the past to make a partial clearing, quite a number of trees remaining standing and alive after the clearing and burning. The maize crop is taken off immediately after clearing and the plantains and cocoyams came on later and ripen and bear under the partial shade. A certain proportion of true yams are grown with these other crops but the whole area is not cultivated and cropped with them.

The result of this cultivation with incomplete removal of the forest was that on abandonment of the farm, usually after three years, there was a very rapid return to forest, as, with some standards surviving and a great deal of coppice regrowth of forest tree species the seral stages of recovery through Alchornea, Musanga, Macaranga or Trema bush to the forest form was comparatively rapid. It is to this that the very high proportion still classed as forest is due.

Within the last thirty years, however, there has been a gradual change. With the advent of cocoa the peasant planted cocoa among his food crops and when they were exhausted the area did not pass to fallow but was cleaned and maintained as a cocoa plantation. With the increase of population and increasing urbanization in the larger towns and around mining areas the growing of food for sale rather than purely subsistance farming has resulted in more extensive clearing and an increase in the cassava planted. The fallows have been gradually shortened and now around the major towns and along the South Eastern edge of the zone, little forest remains and the land is now being heavily cropped for maize and cassava. It is estimated that 300 square miles per annum are being converted from forest or forest fallow to permanent agriculture or short bush fallow land in this zone.

There is no grazing in this zone as tsetse and trypanosomiasis prevent the introduction of cattle and only a few sheep and goats are maintained.

It is, however, the timber producing area of the country. All the timber exports come from this zone and all the sawn timber used elsewhere is drawn from it, the savannah forests only producing firewood and round building poles at present.

Regarding the present distribution of forest and farm within this region on a broad scale there are a number of large population centres from which farming has spread out and the forest has been largely destroyed.

The largest of these is probably North, North East, North West and West of Accra extending beyond Koforidua to Tafo in the North, to Bisa in the North East, Swedru in the West, and beyond Asamangkese North West. This is an area which was settled relatively early and whose tribes the Krobos, Akims and Akwapims are fairly industrious farmers. It is also the area in which cocoa was first introduced. Food and cocoa farming has been pressed on till there is very little forest left. With the increasing population and the removal of land put under cocoa from food production, the fallows have been shortened to a dangerous degree and there is a considerable movement of people from these areas to less developed areas.

Another area fairly heavily populated lies immediately West of this in the Fanti country, north of Cape Coast and Saltpond. The northward development of intensive farming here was, however, slower than further east. This area probably suffered most heavily from slaving, at first from the English trade and later from raiding by the Ashantis from the North. The country here is now being rapidly completely farmed.

Another major centre is around Kumasi which has been very rapidly opened up in the last 50 years with a great deal of cocoa planting. Intensive farming now spreads out in star shaped fashion around Kumasi, along all roads; and for a radius of eight to ten miles round, the forest has completely gone and corn and cassava are cropped with short fallows and the cultivation of plantains is falling off.

The last main area is that around the mining area of Tarkwa. Here the demand for food and fuel, the latter both for industrial and domestic uses has resulted in the complete clearance of the forest over a wide area especially north and north west of Tarkwa town. The land has been converted to food cropping with a fairly short fallow in which only dense low secondary bush grows up. Cocoa growing is not practised to any extent here.

Similar smaller areas occur round the long established mines at Obuasi and Bibiani but here cocoa is also grown.

The areas where continuous large stretches of forest still occur are in the Western Province of the Colony in Axim, Dunkwa and Wiawso Districts and in South West and South Ashanti. Here farming is still spreading out from the relatively scattered villages into either primary or very ancient secondary forest.

Over the intervening areas between these extremes of deforested and primarily forested country, the forest, cocoa farms, food farms and fallows of various stages are distributed like patchwork round the villages. Very commonly there is a strip of forest between one village and the next and other broader strips generally occur

between two tribal areas; very often ownership is disputed over such strips.

The distribution of the cocoa farms within one village area has been very intensively studied by Beckett in his « Akokoasa: A survey of a Gold Coast village » in which he shows how the farming has spread out around the village. The farms are not continuous, however, and there are many small patches of forest left between farms on areas unsuitable for cocoa and forest fallows of considerable age occur. These. with the trees remaining within the farms, give the country a generally forested appearance except in the very heavily farmed areas mentioned above. As the population increases, however, and the areas now being opened for food and cocoa pass over to cocoa all the remaining forest will pass to food farming. At the present time, however, a very large proportion of the timber exports of the Colony are drawn from such areas and practically all the local requirements of fuel, poles, pitsawn timber and miner forest produce.

Soil erosion in this zone is not acute and only appears locally round towns and villages. Very little erosion occurs in the cocoa plantations and bush vegetation rapidly returns on abandoned farms. Soil deterioration is, however, a very serious problem and one which will become ever more pressing as the population increases. No method of permanent food farming has yet been discovered for this zone and as the forest fallow becomes a bush fallow and is continually shortened the rate of deterioration increases.

FOREST RESERVATION WITHIN THE CLOSED FOREST ZONE

An early attempt in 1911 to introduce a Forest Ordinance met with such determined opposition on the part of the local inhabitants that it was withdrawn pending enquiry. This had not been completed before the 1914-18 War which put a stop to it and also led to the closing of the Forest Department. Earlier, however, the Government had purchased outright 50 square miles of forest land lying between the Anum and Prah Rivers in South Ashanti. This was in dispute between Ashanti and the Akims and to ensure the Ashanti frontier followed the Prah River the Government bought up the disputed area which was later constituted a Forest Reserve.

In 1919 the Forest Department was resuscitated and from 1919-1927 a policy of persuasion was followed by trying to get the local Native Authorities to place areas under reservation by their own laws. Only 240 square miles was, however, reserved in this way and in 1927 a Forest Ordinance was passed through the Legislative Council giving the Colonial Government powers to enforce reservation where necessary. Power to create the necessary reserves under the own bye-laws was left to the local native authorities, but if they

failed to do so or if they failed to administer their reserves competently the Colonial Government could create the necessary reserves under the Ordinance. From then on reservation proceeded rapidly. The authority given in the Forest Ordinance for reservation is

« Lands in respect of which the Governor in Council is, on the advice of the Conservator of Forests (now Chief Conservator of Forests), satisfied that the forests thereon ought in the public interest to be protected from injury or destruction, or from any further injury or destruction, as the case may be, in order

a) to safeguard the water supply of the District;

or b) to assist the well being of the forest and agricultural crops grown on the said lands or in the vicinity thereof;

or c) to secure the supply of forest produce to the inhabitants of villages situated in the said lands or in the vicinity thereof. »

Reservation was therefore for general protective purposes and the maintenance of future local supplies. Reservation for the purpose of maintenance of the export market was not included.

From 1927 to 1935 reservation was mainly devoted to the major hill masses and watersheds within the closed forest zone, the forest departments staff and work being concentrated in this zone. In this we were fairly successful as these hill masses were not heavily populated and in many cases lay between main tribes or divisions of tribes. Areas where development had proceeded too far were, however, the Akropong ridge, the hills just North of Accra, sections of the Southern Scarp, and the scarp at Mampong.

In 1935 the then Conservator of Forests, Capt. R. C. Marshall, submitted a Confidential « Report on the Gold Coast Forest Problem » in which the aims for further reservation were laid down in more detail. This listed reserves for water conservation, on headwaters; barrier reserves along the present junction between the Savannah Forest and Close Forest on the North, North East and East; shelterbelt reserves, strips of forest a mile wide or over crossing the country at intervals as far as possible in a South East to North West, or East to West direction; and timber and fuel reserves to meet local scarcities. The barrier reserves were to ensure fire protection and prevent the further extension of the savannah forest to the South and West. The shelterbelt reserves were to ensure a reasonable distribution of forest over the country assuming that the present patches of forest between farms, and standards in farms, will eventually disappear. It is hoped that the reserved shelterbelts will maintain present climatic conditions especially regarding relative humidity which is important for the well being of the cocoa.

Since 1936 this policy has been followed as far as conditions permit. Capt. Marshall suggested an ideal figure of 8,800 square miles of reserved forest in and around the Closed Forest Zone including barrier reserves in the ecotone between the climatic savannah forest zone and the closed forest zone but suggested the actual attainable would be in the region of 7.000 square miles. In 1947, 6.454 square miles had been reserved, 5,894 square miles actually within the zone and 560 square miles in the ecotone, this is 19.4 % of the Closed Forest Zone. Reservation is still proceeding and adjustments of some of the earlier reserves are contemplated. A complete soil survey of the zone is planned to enable future cocoa planting to be better directed and when this is completed there may be further reservation and adjustment.

As mentioned the local and export demand for timber, fuel and minor forest products are at present met from outside the reserves. The present reserved area is sufficient to meet all future local demands when these supplies are exhausted and allow some surplus for export.

The activities of the forest department are in the main directed to the reserved forest estate, only a relatively loose control is exercised over the unreserved forest through the operation of the Timber Protection Ordinance, which sets minimum girth limits for the felling of certain major economic trees, and the Concessions Ordinance, under which the Chief Conservator of Forests can impose restrictions, limitations and directions on timber concessionaires with a view to ensuring full and regular exploitation of the timber resources outwith the reserves. These do not, however, affect the peasant economy. The villages draw their requirements from the unreserved forest at will, and as yet only in certain localities need to draw on reserves. All reserves except a few specially created game sanctuaries are open for hunting, fishing and snail gathering.

Where in the course of reservation local communities are unduly cramped for land they are permitted to take up food farming on the taungya system but only tiny areas are so far involved.

THE SOUTH EASTERN SAVANNAH REGION

As already mentioned this is an area roughly triangular in shape stretching from a little beyond Winneba on the West to the frontier of French Togoland on the East and extending northwards into British Togoland. It abuts on the Closed Forest Zone to the North West and North. Whether it is properly one ecological region is in doubt. In the North and West large areas may originally have lain within the Closed Forest Zone but through biotic interference all resemblance to this zone has been lost. The dominant vegetation is

grass, sometimes with occasional trees, sometimes approaching savannah woodland. There are occasional areas where grass is replaced by maquis and others which are pure palm groves. Climatically this area has a rainfall ranging from 750 mm. to 1.250 mm. (approximately 28" to 50") with the main rains in April, May and June and second rains in October, November. The main dry season is December to February with a second dry season in August and September but 25.4 mm. (1") of rain may occur every month mainly in storms. The 9 a.m. relative humidity is high and even throughout the year, averaging 79.6 %. In the small total precipitation it differs from the Closed Forest Zone but the distribution and relative humidity are quite different from the savannah forest regions to the North and East of the Closed Forest Zone. The area of this region is 3.600 sons. This is not evenly distributed, however, 135.000 occurring in Accra town while the Shai plains East of Accra are very lightly populated.

The whole of this region is deforested. Coconuts are grown extensively along the coast and oil palms are cultivated in quantity square miles and it bears a very heavy population of 590.000 per-inland. Cattle are reared on the Shai plains and maize, cassava and yams are generally cropped while around Keta intensive agriculture is practised, onions especially being grown. It is an area seriously short of fuel and which imports all its timber, with the exception of beams for which the Ago beams, hewn trunks of the Borassus palm, are used.

No forest reservation has taken place in this region but plans are on foot for the creation of fuel plantations, it is hoped through the medium of the native authorities, to meet the demand. In the coastal strip South of the Keta lagoon detritus from the coconut palm plantations is all collected and used for fuel. It is believed that this constant removal of all potential humic material has gradually caused serious soil deterioration and led to a great increase in disease in the palm groves.

This region is maily flat or gently undulating country and is not subject to acute erosion though soil deterioration is occuring.

THE SAVANNAH FOREST ZONE

This lies to the North and North East of the Closed Forest and at present is estimated to cover an area of 543.000 square miles. The rainfall in this zone varies between 1.000 mm. (under 40") to 1.400 mm. (55"). There is a pronounced dry season of four to six months and the 9 a.m. relative humidity shows considerable variations falling to 40 % in January and rising to 80 % in August. In the southern parts the rainfall distribution still shows two peaks but

North of 8° 30' latitude there is only a single rainy season with the heaviest fall occurring in August.

Around the edge of the present Closed Forest Zone there is a wide area in which the savannah forest is believed to be biotically induced by clearing for farming and subsequent annual bush fires, and where, if this were stopped, the closed tropical forest would return on all the better soils. It is, however, very hard to draw a line between this and the true savannah zone immediately North, Aubréville's « District préforestier » in which savannah forest covers most of the area but there are islands of closed forest on better sites. If freed from annual burning the wooded savannah would here probably develop into a light closed deciduous forest but would not develop into the closed tropical forest. North of this again is Aubréville's « District continental de la haute Côte d'Ivoire et du haut Togo » which is continuous across the northern part of the Gold Coast. It is probably true climatic savannah woodland.

The whole of this savannah forest zone is very lightly populated. It is estimated from the figures of the 1948 census that only 798.000 occupy the 54.300 square miles, 14 to 15 persons pei square mile. Large areas are still practically uninhabited, especially in eastern Ashanti-Akim, the Afram plains and the southern part of the Northern Territories.

The crops grown are the true yam, maize, groundnuts and bambarra nuts in the South and groundnuts, millet, guinea corn and bambarra nuts in the North. Shea butter, Butyrospermum parkii grows in the North. Cattle are kept in the extreme North West of Ashanti and in the Northern Territories generally but the cattle population is not high.

Shifting cultivation is practised but with the low population density a long fallow is still common. Erosion occurs wherever there is a local concentration of population and as population increases steps will have to be taken regarding it, but it is not yet a major problem in this region.

On a rough estimate 80 % of this area is still under savannah forest including long fallows, the balance being under semi permanent cultivation or reduced to grass. Very little reservation has yet been done in this area excepting around the Closed Forest Zone where 560 square miles has been taken up, mainly in the savannah which is believed to have been biotically induced, and 200 square miles along the southern boundary of the north eastern region.

This is not due to lack of interest in this region but to lack of staff. As the forestry problems in this area were not acute the policy has been to concentrate first on the Closed Forest Zone then on the extreme north eastern region but eventually it is hoped to cover this

Savannah Forest Zone with a reasonable distribution of reserved forest areas. The two pilot mechanized groundnut growing schemes of the Colonial Development Corporation are both situated in this region and reservation will be planned along with them.

THE NORTH EASTERN SAVANNAH WOODLAND REGION

This is bounded on the West by the Sissili River, on the South by the Volta, and East and North by the colony frontiers. It covers three subdistricts, Navrongo, Kusasi and Frafra with an area of 3.559 square miles and a population of 455.000, an average of 128 persons per square mile.

The rainfall is 1.000 mm. to 1.100 mm. (under 40 to just over 44") per annum, falling from May to October with a extreme dry season of six months when the relative humidity may fall to very low levels.

These are just above the limits given by Aubreville for his « Zone de savanes boisées soudanaises » but with the heavy population following cultivation the vegetation of this region is now more closely allied to the Soudanese Zone than the Guinea Zone, Acacias and Combretums being dominant.

The type of farming is permanent and semi-permanent, the population living in isolated compounds on their farms. The land near the compound is manured and in permanent cultivation. The further fields are cultivated with a short fallow in the rotation. In the farming areas the population density may rise to 500 and even 600 per square mile. The present distribution of the cultivated land presents a major problem as it is now on the low ridges and watersheds. The major river valleys are not now generally cultivated and are under secondary savannah regrowth. It is believed that they were at one time cultivated but with soil deterioration and erosion and ill health due to sleeping sickness and onchocerchiasis the population has moved out and up to the watersheds. Erosion in all its varying forms is acute throughout the region. Lateritic pan formation which M. Aubreville has termed « bovalisation » is a major problem. There is a considerable local shortage of building poles and firewood, especially the former, fuel needs being largely met by the use of millet and guinea corn stalks collected from the fields.

The livestock population is high and over grazing of available grasslands a very serious problem.

Only in 1938 was the Forest Department staff position sufficiently strong to post a senior officer permanently to this region and to commence reservation.

The unpopulated areas of savannah woodland in the major river valleys were first reserved and about 500 square miles are now under reserves or demarcated with a view to reservation — 14 %. It is realised that though their protection and proper management may ameliorate the position as regards supplies of poles and firewood they are ineffective in general prevention of erosion and conservation of water supplies. The catchment areas which normally would be the areas for reservation are, however, the most heavily cultivated and very great transfers of population would be necessary before they could be returned to forest. Present policy is therefore to declare them land planning areas and by joint effort of the Administrative, Agriculture, Animal Health and Water Supply and Forest Officers to utilise the land to the best advantage. Burning will be stringently prohibited, non arable land will be reserved for forest growth, and by improved farming methods, broad based terracing where necessary, contour ridging, increased manuring and better cropping it is hoped to reduce erosion, conserve the water supply and prevent laterite pan formation within the arable. The grasslands would be subject to rotational grazing and with freedom from burning it is hoped they will be improved. It may also be necessary to control the numbers of stock.

It is hoped by closure and planned exploitation and treatment of the existing savannah woodland to improve the yield sufficiently to meet local needs for poles. Extensive planting schemes are not contemplated but small plantings will be made where necessary for town supplies.

CONCLUSION

The general position regarding Forest Reservation in the Gold Coast may be summed up therefore :

In the Closed Forest Zone it is satisfactory, in the North Eastern Savannah Woodland Region the problem is being tackled energetically, in the general Savannah Forest Zone and the South Eastern Savannah Region little has yet been done, not through lack of need or intent but from lack of staff. They will, it is hoped, eventually bear a proper proportion of reserves and plantations to ensure protection and meet local needs.

Conservation of Vegetation in East Africa

by

D. C. EDWARDS,
Senior Agricultural Officer (Pasture Research), Kenya.

The purpose of this paper is to focus attention upon the obvious fact that the most important aspect of the soil and water conservation problem is conservation of the vegetation.

In East Africa, the main causes of soil degradation are, (a), incorrect utilization of the vegetation caused by the extension of forms of human occupation from the regions in which they have developed to regions unable to support these forms of occupation and (b), the development of agricultural practices which result in undue exposure of the soil surface, even in the areas of original occupation.

These two causes of deterioration chiefly concern the native population, although the latter is also of considerable importance under conditions of European farming, and the twofold problem has arisen as the direct result of development consequent upon the advent of Europeans into these territories. In the relatively short period of fifty years intertribal warfare has ceased and a large measure of control has been attained over both human and animal diseases, resulting in a greatly increased population of men and animals. Further, with removal of the threat of raids, occupation of the productive regions has become more stable and agriculture has gradually been intensified, but without any essential change in the methods employed to meet the changed conditions. The increasing pressure of population naturally results in a constant tendency on the part of the agricultural and semi-agricultural tribes to expand into areas which are ecologically incapable of supporting their mode of living. This process has been accentuated in recent years as the choice of areas in which to expand has become ever more limited. Until today, even the authorities concerned are sometimes forced to consider the utilization of territory totally unsuited to the type of occupation proposed. It is obviously true that the major part of the soil erosion problem is concerned with land use which is incompatible with the ecological conditions, but this is particularly true of the expansion of crop production into regions of marginal conditions.

In order to assess the problem of rehabilitating vast areas of degraded soil and vegetation and to appreciate the possibilities of improvement the first requirement is a knowledge of the climatic and soil regions involved. This requirement is obviously essential to any plan of correct land utilization. In Kenya no provision for comprehensive survey of this nature has yet been made, but in the course of work over a number of years, concerned mainly with administrative problems, classification and preleminary mapping of the major plant communities has been undertaken by the writer. The regions demarcated by each community may be assumed to represent similar environmental conditions, and althoügh present knowledge does not permit of analysis of the complexes concerned, even in regard to the available meteorological data, the classification at least provides a basis for investigation of the reaction to management of the different vegetation types. It has already been pointed out that the effect of extension of utilization methods developed in a particular vegetation type to regions of different climatic conditions is in many cases only too obvious.

Six main regions of vegetation have been recognised in Kenya, occurring in some cases as several isolated masses, and extending into the adjoining territories. Roughly one quarter of the country to the southwest is occupied by relatively moist vegetation types situated on elevated land, while the remainder, with the exception of the more tropical coastal belt, supports semi-desert bush and scrub. The area of the country (excluding water surfaces) is 219,730 square miles and it extends to approximately 4 1/2° on either side of the equator.

The rainfall varies in a general way from extremely dry conditions in the north and east, where the rainfall is erratic and in the region of only 10 inches (25 cm) per annum (in the neighbourhood of Lake Rudolf it is as low as 5 inches) to the relatively high moisture conditions of the Lake Victoria basin in the southwest with a rainfall of 60 to 80 inches (150-200 cm). This general trend of the moisture conditions is interrupted by the highland area which is situated in the central and south western portion of the country. The elevated land mass lies mainly at altitudes of from 5,000 to 6,000 feet and includes mountain peaks of considerably greater height, such as Mount Kenya (17,000 ft). In comparison, the arid plains are situated in the main at approximately between 1,000 and 2,000 feet. The conditions of the highland region are characterised by relatively low temperatures and high rainfall over considerable parts of the area. In the portion of Kenya to the east of the Great Rift Valley, which cuts through the country roughly from north to south, the rain is derived mainly from the S.E. and N.E. monsoons, which blow from April to June and again in November, while the climate of the western portion is affected, in addition, by rain-bearing winds from

Lake Victoria which result in precipitation during the months of July and August. At the higher altitudes and also in the coastal belt, mists are an important factor in the moisture conditions and they probably have considerable bearing in the types of vegetation which exist in these localities. Although moisture constitutes the chief limiting factor in the distribution of the major plant communities, rainfall figures alone are a very inadequate guide to the prevailing conditions. Evaporation, for which few data are available, is of extreme importance, particularly in the vast semi-arid region of the country.

It will be appreciated, then, that a very wide range of climate exists in Kenya. The greater part of the country to the north and east is arid and hot, towards the west there is a tendency for change to the moist, tropical conditions of the adjoining territory of Uganda. The highland area has a climate which may be described as subtropical, except for the short day-length connected with its geographical position on the equator. This great variation of climate naturally gives rise to clearly contrasted types of vegetation which, if they can be defined, provide a sure index of the ecological conditions in the various regions.

The six major plant communities which have been recognised are (in descending order of moisture conditions) as follows :

Highland Grassland and Highland Forest.

Scattered Tree Grassland (Low Tree-High Grass).

Coastal High Grass — Bush.

Scattered Tree Grassland and Open Grassland (Acacia Themeda).

Desert Grass — Bush (Dry Bush with Trees).

Desert Scrub.

These communities, together with others of less importance, have been shown on a provisional map.

ASPECTS OF CONSERVATION IN THE VARIOUS VEGETATION TYPES.

Highland Grassland and Highland Forest. — This type which occurs in the highlands of Kenya is of limited extent. It is situated on isolated masses of elevated land, mainly between 6,500 and 9,000 feet altitude, with rainfall varying between 35 inches (in the drier, transitional fringe) and 90 inches per annum, supplemented by mountain mists. It consists of comparatively small areas of forest with extensive areas of undulating open grassland.

In general, a belt of bamboo (*Arundinaria alpina*) is found at the upper and moister fringe of this evergreen forest, extending to approximately 10,000 feet elevation, while at the lower and drier

edge the forest consists largely of cedar (*Juniperus procera*) and olive (*Olea chrysophylla* and *O. hochstetteri*).

The rolling grasslands are chiefly dominated by *Themeda triandra* (Red Oat grass), which apparently constitues a fire subclimax, but wherever management is intensified a useless coarse-grass phase dominated by *Pennisetum schimperi* and *Eleusine jaegeri* takes possession of the land. In the main vegetational type intense concentration of animals and the accumulation of manure or clearance of the rough herbage by ploughing results in a close, stoloniferous sward of *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu grass) associated with *Trifolium johnstonii* (Kenya clover), which highly productive sward can be maintained under intensive grazing management. In the transitional belt, under lower moisture conditions, fringing this vegetation, Kikuyu grass herbage cannot be economically maintained, and as the coarse-grass phase advances, the choice of management lies between extensive, light utilization, employing fire to maintain the dominance of *Themeda,* and the substitution of the coarse phase by artificially established, temporary grass and other crops.

As will be appreciated from the above outline of the grassland succession, correct development in this vegetation involves intensification of management in parts of the region, particularly where extensive holdings under European occupation and largely run on ranch lines are concerned. Crop production in both European and native areas requires to be based upon alternate husbandry, so that the structure of the arable soil can be maintained by the use of temporary pasture leys. Such a means of safeguarding the soil is urgently required in portions of the area, as for instance the Kikuyu Reserve, where increasing population density coupled with the demands of cash-crop production cannot be supported by the old methods of shifting cultivation and the reduced period of bush fallow is quite inadequate to maintain the soil. The situation is aggravated by the fact that a great deal of this vegetation is situated in a region of numerous small valleys and steep slopes, the latter being ever more extensively cultivated by this agricultural tribe.

Scattered Tree Grassland (Low Tree-High Grass). — The community to which this name is given consists of grassland with herbage 5-8 feet in height, thickly scattered with small trees which are in the main 10-15 feet high. The appearance of the vegetation is often reminiscent of a cultivated orchard. Larger trees some 30 feet in height occur occasionally, and a characteristic feature of wide regions is the existence of isolated small areas of tall forest trees (50-90 feet) evidently resulting from exceptional ground water conditions.

Typically, the small threes are broad-leafed and deciduous with characteristic, fissured, corky bark. The most general dominant is *Combretum*, frequetly *C. splendens*, while other characteristic trees are species of *Erythrina, Terminalia, Ficus, Faurea, Heeria* and *Dombeya*. The grasses which contribute mainly to the « high grass » character of this vegetation are members of the genera *Hyparrhenia* and *Cymbopogon*, although the herbage is often complex and contains a considerable range of grasses.

The type is found roughly between altitudes of 3,000 and 6,000 feet and the annual rainfall is estimated to vary from one part of the region to another, between 35 inches and 60 inches. This vegetation appears to be a seral phase leading to forest. The phase is maintained largely by the frequent passage of fire, in the absence of which factor thicket tends to replace the high grass between the scattered trees. The community covers an extensive region, occurring in two main masses, in the Lake Victoria basin to the west and to the south east of Mount Kenya.

Under the relatively high rainfall conditions of the type, control of fire and correct intensive management of grazing are capable of inducing improved composition of the herbage and increased productiveness by the encouragement of finer grasses and stoloniferous species such as *Digitaria* and *Chloris gayana*. Extensive and advanced deterioration of the vegetation and soils has resulted from the crop-production practices in existence. In the part of the region towards Lake Victoria and also in much of the area to the south east of Mount Kenya, a dense native agricultural population, subsisting by means of shifting cultivation, has produced similar degradation to that mentioned in the case of the foregoing plant community where the Wakihuyu Tribe is chiefly concerned. In the areas of European occupation, such as the Trans Nzoia to the west of the Rift Valley, cash crops have been grown continuously in past years with no provision for soil recovery. It is by no means uncommon to encounter areas in which maize has been produced for twenty years in succession. The soils concerned are often of a light and somewhat sandy nature, and the deterioration caused differs only in degree from that of the densely populated native areas.

The possibilities of correcting the downward trend in this vegetation type are also similar to those described for the Highland Grassland. Where tillage for crops has not already occupied the land, the natural pasture can be maintained and improved by means of suitable intensive management. In the native agricultural regions there is urgent necessity for the introduction of the grass ley in place of the inadequate bush fallow, to recover and safeguard soil structure, while in the European areas the development of ley farming is less urgent only on account of the fact that the land is not densely occupied.

Coastal High Grass - Bush. — This vegetation consists typically of dense, high bush. The chief constituents are *Acacia* and *Commiphora,* but many other genera and species occur. Grass 6 to 8 feet high is plentiful and considerable areas of open grassland are frequently encountered. Some of the main constituents of the rank herbage are species of *Hyparrhenia, Digitaris, Setaria* and *Eragrostis,* while *Chloris myriostachya* extends from the drier community to the north into the open glades, practically until the coast is reached. In some areas the Baobab tree (*Adansonia digitata*) is a striking feature of the vegetation. In the immediate neighbourhood of the coast-line narrow belts of Doum palm (*Hyphaene thebaica*) alternate with open areas of high grass, and tall Mango trees resulting from ancient human occupation are often common. In somewhat drier portions of the community the vegetation consists of comparatively open woodland in which the main trees are *Acacia* and *Dobera,* 20 to 30 feet high, and in other localities a *Diospyros* species, 40 to 50 feet high, becomes prominent, while *Dobera* remains a frequent constituent. In these open woodland areas the herbage is not of the true high-grass character and it is frequently dominated by *Chloris myriostachya* and occasionally by a coarse *Sporobolus* species about 2 feet in height.

The existing areas of Coastal Forest are of limited extent, and they constitue a separate community the description of which is not considered necessary to the present discussion.

The climate which supports the main vegetational type is represented by rainfall of approximately 40 to 45 inches per annum and altitudes do not exceed 1,000 feet above sea level. The moisture conditions are, however, not truely represented by a consideration of the rainfall figures alone, since the presence of a coastal mist belt is indicated by the prevalence of lichen on the bushes and trees, often producing a uniform grey appearance in dormant periods, extending for a considerable distance inland from the coast.

The vegetation described occupies the relatively narrow belt of territory in the Kenya coastal region, giving place to a drier community slightly north of the Kenya frontier. The chief cause of soil deterioration and erosion is the employment of wasteful methods by native agricultural communities concentrated in certain portions of the region. Practically the whole of the area under consideration is infested by tsetse fly, and the possibility of utilizing cattle in conjunction with arable agriculture is seriously limited by this factor. Advance to the use of the pasture ley as a means of conserving the soil must, therefore, be preceeded in large mesure by steps for eradication of the fly. If this can be successfully accomplished, the way will be open, not only for the replacement of the present shifting cultivation by ley farming, but considerable areas at present uninhabited or thinly occupied might be opened to utilization, and so

relieve the pressure of population elsewhere. In addition to the use of temporary pasture in the arable rotation, the reaction to management of the natural herbage in this vegetation type requires investigation, since little is yet known of its possibilities.

Scattered Tree Grassland and Open Grassland (Acacia-Themeda). — This community was formerly known as Acacia Tall Grass Savannah, but the above name was adopted in conformity with the views of the first East African Pasture Conference held in Nairobi in August, 1940.

The vegetation type is the most extensive in the highlands of Kenya, and the characteristic condition is that of flat-topped Acacia trees widely scattered in an even cover of grass, 3-4 feet high. The trees are often 50 feet in height, but much of this grassland is scattered with small, thin Acacia plants only 6-8 feet high. The latter most frequently consist of *A. drepanolobium* with prominent ant-galls on the spines. Extensive open areas occur where Acacia is little in evidence and where it appears only as isolated plants or in small groups.

Some of the more common trees are *Acacia hebecladoides, A. seyal, A. lahai, A. stenocarpa* and *A. abyssinica*. Near water *A. xanthophloea* is very common and *A. campylacantha* is also present. Other genera occur occasionally, and in rocky situations large candelabra-like *Euphorbia* often present a striking appearance and in such localities Aloes and other succulents are common. The main grass-dominant, *Themeda triandra*, appears to be associated with moderately high elevations in Kenya, and it does not assume importance below about 4,000 feet. This grass very generally dominates the tall, even cover of herbage in the community, although many other species occur, and these vary in importance from one locality to another. Legumes are relatively scarce in this herbage and they are chiefly represented by species of *Indigofera* and *Crotalaria*.

Within the climatic zone, two main factors appear to exercise an important influence upon the chief constituents of this vegetation, these factors are impeded soil drainage and fire. The former tends to inhibit the growth of trees and appears to be responsible for the wide tracts of open grassland which are devoid of trees or where *Acacia* is thinly scattered in dwarf form, and where the main soil type is tropical black earth. The latter factor (fire) is closely connected with the dominance of *Themeda* throughout the region, and experimental evidence indicates that the dominance of this grass is preserved by the frequent grass fires which occur in the dry season. Fire also has a decided effect in retarding the advance of the tree and bush constituents.

This distinct type of vegetation is situated in Kenya about the equator and here the range of altitude is approximately from 4,000 to 6,500 feet, while the rainfall, which is erratic, varies from 20 to 30 inches per annum, with droughts as a feature of the climate.

The whole extensive region of this plant community is adapted to light grazing management. Only at the fringe, where transition towards the moister adjoining communities is taking place, is crop production feasible, and even here it should be mainly confined to the storage of reserve fodder for animals. Extensive devastation of the vegetation and soil deterioration, in some areas ámounting to severe erosion, have taken place in portions of the region and these conditions are rapidly advancing. The cause is to be found in the extension of agricultural activities into ecological conditions which are incapable of supporting them. Instances of this maladjustment, enforced by pressure of population in the native communities concerned, are common, and are exemplified by the expansion of the Wakamba from the Scattered Tree Grassland (Low Tree-High Grass) community in the neighbourhood of Machakos, and by the more recent advance of the Wakikuyu into the Masai country about Ngong from their home in the Highland Grassland and Highland Forest. Apart from the devastation caused by the invasion of agricultural tribes into this vegetational region, deterioration is relatively limited, and it is mainly associated with seasonal concentration of animals under pastoral conditions resulting from scarcity of water supplies.

Desert Grass - Bush (Dry Bush with Trees). — This type constitutes the greater part of the semi-desert vegetation occupying at least two thirds of the area of Kenya. It forms part of a vast community, extending to the north east through the adjoining territory of Somalia almost to the Gulf of Aden. The vegetation consists of an assemblage of deciduous bushes, 10 to 15 fect in height, and usually branching from near the ground with few well-defined trunks. Over considerable areas widely scattered trees, 20 to 30 feet high, project through the bush growth, and these are regarded as characteristic of the typical community. In the northern region of Kenya the bushes are spaced approximately from 12 to 50 feet apart. The ground vegetation between the bushes consists of scattered tufts of perennial grasses together with low shrubs, leaving much of the surface exposed.

The characteristic dominants of the bush throughout are *Commiphora* and *Acacia,* while the scattered taller trees which occur most frequently are *Delonix elata* and *Acacia spirocarpa*. Common amongst the low shrubs are species of *Sericocomopsis*, *Barleria*, *Aerva*, *Disperma* and *Indigofera*. In many areas, particularly towards the south, *Sansevieria*, grouped at the base of the bushes and occasionally forming dense stands, is a characteristic feature of the vegetation.

Acacia mellifera is one of the most important bush constituents, and other common bushes and small trees are a twisted *Terminalia, Balanites* spp., *Boscia coriacea* and *Salvadora persica* ("Msuaki" Swa.), the last, chiefly on saline soil in the flood area of seasonal streams.

The grasses vary somewhat with the region concerned, but probably the most general dominant is *Chrysopogon aucheri* var. *quinqueplumis*. This species is important throughout the whole vast region of the vegetation type but it does not occupy the position of dominant in all areas, as for instance far to the north of the formation in British Somaliland where, although it remains of importance, two large tuft-grasses, *Aristida kelleri* and *A. papposa* are the chief dominants, and towards the coastal region of Kenya to the south, *Chloris myriostachya* is the most important grass. This last species is absent from the driest parts of the community and its distribution appears to be influenced more by temperature than by low moisture conditions. Other important grasses are *Cenchrus ciliaris, Enteropogon macrostachyum* and species of the genera *Aristida, Sporobolus, Tetrapogon, Latipes* and *Enneapogon*, together with *Digitaria* in localised areas.

For the greater part of the year the Desert Grass-Bush is leafless and in a drought-dormant condition with the tufted grasses dry and brittle. The whole region is subject to low and extremely erratic rainfall, estimated to vary from 10 to 15 inches per year as an average, but where droughts of several years' duration may occur. A feature of the climate is a desiccating wind which blows during the protracted dry seasons. In Kenya, the elevation of the main region is approximately 2,000 feet. It is noteworthy that the low moisture conditions permit of few permanent streams and that drainage chiefly takes the form of water courses which are dry except at short periods immediatly following rain. No permanent stream exists north north east of the Juba River, between this and the Gulf of Aden coast.

In addition to erosion by water, wind-erosion assumes importance in this region. In all areas the transport of soil particles by wind can be readily discerned, and it appears that even where no deterioration of the vegetation has taken place, at points far-removed from water, the natural cover is insufficient to prevent a constant tendency to movement at the soil surface. This tendency is accentuated towards the north of the community, where in British Somaliland and to the south of that territory, sand drift is of major importance, particularly in connection with the marked effect upon the vegetation caused by the Somali pastoralists. In this northern area certain plants appear to have assumed a habit designed to resist sand-bearing winds. Thus the widely-distributed grass, *Chrysopogon aucheri*, is found in the form of tight cushon-like tufts, quite distinct from the open tufts of

the grass in the southern portion of the community in Kenya. Adaption in the same direction is found in certain *Acacia* species, protruding from small sand dunes and with prostrate branches clasping the surface.

It will be appreciated that the low moisture conditions which support this vegetation result in a high degree of instability, and little undue concentration of animals and population is sufficient to tip the balance towards deterioration. Devastation is mainly connected with concentration resulting from scarcity and poor distribution of water supplies, which are chiefly in the form of wells. It is often possible to trace the effect upon the vegetation of concentration at a well for a radius of some fifteen miles. The remedy lies in the improvement of watering facilities and control of the seasonal migrations of the native tribes. This latter requirement involves a study of the causes of migration and of the claims to ownership of the existing water supplies and grazing grounds. The investigation can therefore be undertaken only in close collaboration with the Administration and with considerable assistance from that source. A factor of major importance, which is also primarily a political problem, is the steady migration of the Somali tribes from their place of origin on the Gulf of Aden southwards, until the invasion of eastern and northern Kenya is now in progress. These people, who have resulted from an admixture of Arab blood, have caused widespread devastation in British Somaliland at the source of the migration, largely through inadequate administrative control, and their spread to the south threatens to increase the difficulty of solving the conservation problem. Administration of the Somali peoples as a single block or at least with much closer co-ordination than has hitherto been found possible on an interterritorial and international basis, would appear to be a prerequisite to this aspect of conserving the vegetation. In addition to the above more general forms of deterioration in this plant community, severe destruction and soil erosion is caused at a number of points by the incursion of agricultural tribes at the fringe, as in the case of the previously described community. Thus to the South, in the region of Kitui in Kenya, the extension of millet cultivation by the Wakamba from the neighbouring community has been responsible for considerable devastation in recent years.

Desert Scrub. — The vegetation consists of low bushes and stunted trees forming a thin cover in which the bare ground is always conspicuous. The bushes are from 4 to 10 feet in height and they are spaced about 15 to 24 feet apart. The leaves are mainly small and inconspicuous, and the whole community is in a drought-dormant condition and leafless except for brief periods following rain. The grasses and other herbs are ephemeral, appearing after rain, and perennial grasses are insignificant. The sparse ground vegetation consists mainly of small shrubs. Viewed from a distance, the domi-

nating colour of the landscape in this vegetation is that of the bare ground showing through the thin cover of plants.

The two chief dominants of the scrub, *Commiphora* and *Acacia*, are the same as those of the Desert Grass-Bush and many other plants are common to the two communities. The Desert Scrub might, in fact, be regarded as a dry form of the Desert Grass-Bush vegetation except that the taller trees described for the latter type are not found in the Desert Scrub, and the virtual absence of perennial grass is of practical importance.

In extent, the area covered by this vegetation in Kenya is second only to that of the Desert Grass-Bush. The moisture conditions are distinctly lower, the average annual rainfall probably not exceeding 10 inches over the main area and being only about 5 inches in some parts, such as the neighbourhood of Lake Rudolf.

The type of deterioration and the conservation problem is similar to that described for the foregoing Desert Grass-Bush community. Degradation has resulted mainly from undue concentration at the scant water supplies. There is, however, an aspect of management which offers scope for improvement. The virtual absence of perennial grass in the Desert Scrub limits grazing by cattle to the brief periods following rain when ephemeral herbage is available. For the remainder of the year the vegetation is only capable of supporting browsing animals such as camels and goats. Much damage is caused through sections of the tribes lingering at water supplies after the main seasonal migration out of the region has taken place. Improvement could be attained by exercising control over the migrations in order to avoid this cause of localised deterioration of the vegetation and soils, and at the same time to ensure utilization of the two semi-desert plant communities on a strictly seasonal basis, thereby providing for protection of the Desert Grass-Bush during the growing seasons. Control of grazing on a simple rotational basis within each community would be a later necessary step.

One spectacular instance of deterioration from drifting sand occurs in the Desert Scrub vegetation of Kenya. This is found both to the east and the west of the central portion of Lake Rudolf, where the sand is moving steadily towards the west destroying the vegetation, and being afterwards occupied by a sparse cover of shrubs. The source of the drifting sand is an entensive lake bed (now known as the Chalbi Desert) which has evidently dried out in recent (though prehistoric) times, and the shores of Lake Rudolf itself which is subject to variations in the water level. Under the extremely low moisture conditions which prevail, this particular case of deterioration appears to be beyond control.

CONSERVATION MEASURES.

It is held that any plan for conservation of the natural resources of a country, to be effective, must essentially be based upon an ecological classification of the territory concerned. Such a classification is required to indicate the possibilities of improvement as well as the directions in which it should be attempted. It will be apparent from the foregoing account of the causes of biotic degradation in the various ecological regions, that no amount of effort expended in the present methods of soil conservation can be expected to induce recovery, unless readjustment of the forms of human occupation to the natural conditions of the areas concerned can first be attained. Where, for instance, a native population dependent upon crop production has extended its activities from a region of relatively high moisture conditions into a plant community which is capable of supporting, without marked deterioration, only pastoral occupation, obviously either the population must be removed or it must be induced to change its mode of life. The latter is, of course, a remote possibility and one which cannot be seriously considered. In the past, too little attention has been paid to the ecological aspect of conservation, no serious attempt has been made to classify the natural conditions of the various regions and one of the main, if not the chief cause of deterioration in East Africa, has consequently been to a large extent ignored. The suggestion may here be made that the survey project envisaged above appears to lend itself to organisation upon an international basis in Africa.

More detailed survey knowledge than is at present available is required in areas where the problem of soil erosion is already acute, and in presenting the foregoing broad classification of the major plant communities, the aim has been to give only a sufficient description of the vegetation to indicate that classification and clear definition of the ecological regions is possible from it. Surveys of soil and of the other factors concerned are also desirable, but it is suggested that the natural vegetation affords the best available index of conditions in the regions demarcated by the plant communities. Given this classification, the urgently needed research into the application of conservation methods to local conditions should be conducted on a regional basis, as should also the other major projects of agricultural research.

Realisation of the necessity for conservation measures has certainly grown in recent years amongst Europeans and, it is believed, to some extent amongst Africans. Also, research of basic importance to the required improvement in agricultural methods has advanced, and a Soil Conservation Service has been in operation in Kenya for some years. It is perhaps natural that the first step should be an

attempt to set the house in order in the areas of European farming and much is being done in this direction, even to the extent of legal compulsion, but the urgent problem of conservation exists in regions of native occupation and it is here that the real menace to the future of the country has to be faced.

Study of the natural grasslands associated with the main types of vegetation, with a view to devising methods of management capable of preserving a balance between utilization and deterioration, is obviously one of the most important requirements. So far, only a limited amount of work in this direction has been possible in the absence of regional research stations and the necessary trained staff, although the plan for such a research scheme was accepted in 1940 by the East African Pasture Research Conference (1), already mentioned. In Kenya such work has been confined mainly to management problems of the Highland Grassland (2), while Staples' experiments in the Grass-Bush community of the Mpwapwa region of Tanganyika are of considerable signifiance (3) and (4).

The provision of pasture species suited to the establishment of temporary pastures under the conditions of the agricultural areas, both native and European, is the first step towards the essential change-over to improved methods in these areas. Recent evidence indicates that deterioration of physical structure in the soil is of critical importance under East African conditions (5), and the extreme importance of the pasture ley in recovering and maintaining structure is now realised. Considerable attention has been given to this aspect of the work, and as the result of experiments mainly upon indigenous material, pasture plants which are capable of meeting the requirements of practically all the agricultural areas of Kenya are now available. The most important of the grasses already in use are a local ecotype of *Chloris gayana* (Rhodes grass) (6), *Melinis minutiflora* (Molasses grass) and *Bromus marginatus*. A sufficient degree of persistence under intensive management and good seeding properties are two of the qualities which have been sought, and it has been by no means easy to find indigenous grasses in which these qualities are combined. A considerable number of promising indigenous species is under experiment, and the numerous ecotypes or geographical strains of those already in use evidently offer a fruitful field for study. A rapid, though limited, development of ley farming has taken place in the European areas of Kenya in the past few years, in part as the result of increased crop production during the war period and the consequent existence of surplus arable land, but also from a growing realisation of the necessity for soil conservation measures. Thanks to this development, a considerable and increasing demand for seed of the above grasses has arisen, and seed production on a relatively large scale is in progress.

Despite the progress which we can claim in certain areas and the unremitting effort which has been directed to checking the rapid deterioration which is taking place in the densely populated native reserves, it is plainly evident that the rate of improvement is too slow, and that deterioration is steadily gaining ground. Apart from the necessity of taking any possible steps to adjust the forms of utilization to the regions capable of supporting them and to avoid the further extension of incorrect land use, I suggest that the stage has already been reached when the problem with which we are faced is not primarily that of determining the conservation methods to be used, but that of how to apply the knowledge which we already possess. The question arises as to whether these methods can, in fact, be applied sufficiently quickly to the areas of African occupation, and upon the answer to this question depends, in large measure, the future of East Africa.

REFERENCES

1. Report of The First East African Pasture Research Conference, Nairobi, 21st to 24th August, 1940
2. EDWARDS, D. C. — The Reaction of Kikuyu Grass *(Pennisetum clandestinum)*. Herbage to Management. *Empire J. Exp. Agric.* Vol. VIII, pp 101-110, 1940.
3. STAPLES, R. R. — Bush Control and Deferred Grazing as Measures to Improve Pastures. Part I, *E Afric. Agric J*, Vol. X, p. 217, 1945. Part II, *E. Afric Agric. J*, Vol. XI, p. 43, 1945.
4. STAPLES, R. R., HORNBY, H. E. and HORNBY, R. M. -- A Study of the Comparative Effects of Goats and Cattle on a Mixed Grass-Bush Pasture. *E. Afric Agric. J.*, Vol. VIII, pp 62-70, 1942.
5. MARTIN, W. S. — Grass Covers in their relation to Soil Structure. *Empire J. Exp. Agric.*, Vol. XII, pp. 21-32, 1944
6 EDWARDS, D. C. — The Nzoia Type of Rhodes Grass *(Chloris gayana)* for Temporary Leys *E Afric. Agric J*, Vol. IX, pp 62-68, 1943.

Note sur quelques peuplements artificiels de l'Ituri

par

Franz SMEYERS,
Assistant à la Division Forestière de l'I.N.E.A.C. à Nioka.

Les boisements artificiels de l'Ituri furent principalement constitués par les essences suivantes : *Cupressus* aff. *lusitanica, Acacia decurrens* var. *mollissima* (Black-Wattle), *Eucalyptus* divers et *Casuarina montana*. Chacune de ces essences est intéressante à un certain point de vue, la controverse n'a cependant jamais tari quant à savoir laquelle de ces essences convenait le mieux, et quelle était leur action vis-à-vis du sol qui les portait.

Nous essayerons dans cette brève note de dégager le point de vue pédologique quant au pourcentage en matière minérale, en air et en eau de ces divers peuplements

Les analyses sur lesquelles nous nous baserons furent faites sur des échantillons provenant d'une colline boisée par des parcelles d'*Acacia decurrens* var. *mollissima* (Black-Wattle), *Cupressus lusitanica, Casuarina montana* et *Eucalyptus saligna*.

L'intérêt de ces analyses porte sur le fait que tous ces boisements furent plantés en fin 1935, qu'ils ont subi les mêmes opérations culturales et qu'ils se trouvent tous sur une même colline, rapprochés à moins de 150 m. Ceci pallie un peu le manque de renseignements concernant le sol au départ de la plantation.

Pour situer le cadre de ces données, disons que la colline se trouve à Nioka, c'est-à-dire à une altitude de 1.800 m. environ; que la roche-mère de la région est granitique et que les échantillons furent prélevés vers le milieu de la saison des pluies.

Nous relaterons, avant tout, le processus employé pour l'établissement des diagrammes de la matière minérale, de l'eau et de l'air. Dans un profil nous prélevons tous les 15 cm. un échantillon volumétrique de terre au moyen d'un cylindre de Burger, l'échantillon est pesé à l'état frais, séché à l'étuve et repesé à l'état sec. La différence des deux pesées nous donne la quantité d'eau; on peut réduire celle-ci en % du poids initial ou en % du volume. La densité apparente nous

est donnée par $\frac{\text{Poids sec}}{\text{Volume}}$.

$$\text{La porosité} = \frac{(2{,}65\ (\text{densité argile et quartz}) - \text{Densité apparente})}{2{,}65}\ 100.$$

100 — porosité nous donne la matière minérale.

Nous avons ainsi les trois données qui nous permettent de faire les diagrammes de chaque profil, diagrammes que nous reproduisons ci-après.

Pour pouvoir mettre en parallèle les économies en eau des différentes parcelles, nous avons également prélevé des échantillons dans une savane non brûlée depuis plus de 15 ans, savane située également sur cette même colline.

De l'examen des diagrammes, il ressort que le peuplement d'*Acacia decurrens* (nos 1 et 2) présente un pourcentage de matière minérale n'excédant pas 36 % pour le n° 1 et 34 % pour le n° 2; tandis que le pour-cent en eau voisine 26 % pour le n° 1 et atteint 35 % au n° 2. Ces deux profils tranchent sur les autres par une absence complète de socle compact sous l'horizon humifère.

L'*Eucalyptus saligna* (nos 7 et 8) par contre, présente un assèchement du sol très poussé, surtout à la partie supérieure des profils. Cette diminution d'eau va jusqu'à 12 % pour le n° 7 et 17,3 % pour le n° 8; il faut cependant remarquer que la teneur en eau de ces profils redevient normale vers 125 cm.; quant à la matière minérale, elle dépasse 42 % dans les deux profils, elle indique donc un sol compact et sec.

Pour le *Cupressus lusitanica* (nos 3 et 4) nous ne pouvons guère nous baser sur le profil n° 3, qui présentait un sol graveleux jusqu'à 15 cm. de la surface. Cet état physique du sol l'a rendu très perméable, ce qui explique ce faible pourcentage en eau; il en est de même pour le pour-cent en matière minérale, lequel est faussé par la grande proportion en éléments grossiers qui force le pour-cent réel. Ce profil est cependant intéressant au point de vue forestier; en effet, le peuplement, qui occupe ce terrain depuis 13 ans, est très régulier et a présenté moins de 5 % de déchet à la reprise; il donne aujourd'hui des sujets mesurant 20 et 22 m. de haut et dépassant 90 cm. de circonférence à 1,50 m. Quant au profil n° 4, il est nettement meilleur que les profils sous Eucalyptus et présente un pourcentage en eau variant autour de 26 %; la matière minérale atteint 40 % et forme un socle compact entre 40 et 65 cm. de profondeur.

Enfin, sous le peuplement de *Casuarina montana*, le profil n° 5 présente un pourcentage en eau relativement élevé; la structure grumeleuse de ce profil est malheureusement inexistante; le profil n° 6 permet de classer ce peuplement après le Black-Wattle.

Les pourcentages de porosité ne varient guère dans ces différents profils, cependant nous pouvons remarquer que dans le profil n° 2

(Black-Wattle) la porosité à 135 cm. est encore de 43 %, ce qui indique une bonne aération du profil jusqu'à cette profondeur. Le chiffre de 59,2 % pour la partie supérieure du profil n° 7 (Eucalyptus) indique que cette zone est très poussiéreuse à cause de son faible pourcentage en eau.

Les profils sous savane (n°s 9 et 10) présentent un pourcentage en eau variant autour de 26 % pour le n° 9 et 30 % pour le n° 10; cependant ces deux profils accusent un socle compact entre 35 et 65 cm., socle marqué dans les diagrammes par une incurvation de la première ligne du graphique.

Nous devons cependant dans cet aperçu dissocier l'action des peuplements et celle de la végétation adventice. Nous remarquons, en effet, que sous le peuplement de Casuarina le pourcentage d'eau est relativement élevé, mais si l'on considère les relevés botaniques, ceux-ci présentent pour ce boisement un recouvrement allant de 70 à 75 %, chose normale vu le faible ombrage qu'offre le Casuarina.

On trouvera à la fin de cette note les relevés phytosociologiques correspondant à chaque profil; ces relevés furent faits suivant la méthode du Prof. J. BRAUN-BLANQUET.

Nous pensons donc que le pourcentage en eau d'un profil est en corrélation directe avec la végétation herbeuse sus-jacente et dans ce cas, la forte teneur en eau du peuplement de Casuarina n'est attribuable qu'indirectement au peuplement lui-même, qui par son couvert léger permet l'installation d'une couverture végétale abondante. Si l'on passe ensuite au peuplement de Cyprès, celui-ci ne permet l'installation que d'une faible quantité d'espèces végétales à cause de son couvert serré et touffu. Il n'y a ici aucune action de protection pour la strate graminéenne et pour peu que le boisement présente une certaine déclivité de terrain, on observera des phénomènes d'érosion latérale plus ou moins prononcés.

Si l'on persiste à vouloir faire des peuplements purs de Cyprès, ce phénomène se présentera chaque fois que le peuplement se trouvera sur un versant et qu'il sera bien traité, économiquement parlant, c'est-à-dire lorsqu'on aura favorisé l'élagage naturel dans ces boisements par une plantation dense et par conséquent obscure; si par contre on satisfait les exigences des préceptes antiérosifs, le peuplement ne sera plus rentable. Nous pensons que pour sortir de ce cercle vicieux, il faut sérieusement envisager l'établissement de peuplements mixtes, c'est-à-dire un mélange de conifères et de feuillus dans des proportions à déterminer par les exigences des espèces choisies et surtout par la pratique. Il est évident que nous n'envisageons ici aucun travail antiérosif qui grèverait sans doute lourdement le prix de revient des peuplements établis ou à établir.

Les peuplements d'Eucalyptus et d'Acacias permettent l'installation d'une strate graminéenne normale et suffisante.

Des échantillons furent envoyés à Yangambi aux fins d'analyses: analyses chimiques et microbiologiques (contact slides). Nous nous en référons au tableau ci-dessous pour les résultats obtenus.

PROFILS N°	Profondeur en cm.	pH	C	P^2O^5 H_2SO_4 N/$^{2}20^{4}$ mg./100 gr.	B.E. HCL N/20 m.e./100 gr.	CaO HCL N/20 m.e./100 gr.
1	5	4.5	1.7	2.2	13.8	7.9
	15	4.4	1.4	1 5	3.1	1.0
Acacia	28	4.3	0.8	1.4	2.5	—
	50	4.1	0.4	1.4	2.8	—
	100	4.0	0 5	1.1	2.8	—
2	10	4.6	1 5	1.7	6.5	4.9
	25	4.5	1.1	1.0	4.2	1.9
Cyprès	85	4.5	0.1	0.6	1.8	—
3	20	4.6	2.0	1.6	12.9	7.0
	40	4.5	1.7	1.2	6.0	2.7
Casuarina	75	4.5	0.3	1.2	3.5	0.8
	120	4.5	0.3	1.2	3.4	0.8
4	15	5.0	1.6	2.3	19.9	13.5
	40	4.9	0.9	1 6	10.1	6.1
Eucalyptus	80	4.9	0.2	1.3	5.2	1.9
5	7	5.0	2.1	2.0	7.2	4.3
	23	4.6	1.1	1.5	2.7	—
Acacia	50	4.5	0.6	1.2	2.8	—
	100	4.5	0 5	1.2	2.6	—
6	15	5 0	1.2	1.6	7.2	3.8
	45	4.4	0 2	1.1	1.8	—
Cyprès	100	4.5	0.2	1.4	2.2	—
7	12	4.9	2.0	1.9	11.6	7.4
	40	4 9	0 3	1.1	2.0	—
Casuarina	85	4.8	0 3	0.8	2.1	—
8	10	5 6	1.6	6.1	19.0	11.8
	35	5.5	0.4	2.6	4.9	2.2
Eucalyptus	70	5.5	0.4	2.3	5.5	1.1
	110	5.3	0.2	2.0	4.3	0.9

Pour ces analyses, l'Acacia semble donner un sol assez sec, ceci est surtout mis en évidence par les analyses microbiologiques.

Les teneurs en Carbone, P_2O_5, bases échangeables et CaO sont moyennes vis-à-vis des autres peuplements.

L'analyse chimique et physique du profil n° 3 indique également un sol très différent des autres par son origine; nous n'en tiendrons donc pas compte, cependant nous remarquons que l'analyse microbiologique de l'horizon supérieur est semblable à celle du profil n° 6 sous même peuplement de Cyprès.

L'analyse microbiologique du n° 6 indique un sol frais et une production abondante de matières organiques solubles. Les résultats

chimiques, par contre, révèlent pour ces sols une pauvreté plus marquée que pour les autres peuplements.

Les profils sous Casuarina indiquent, tant pour l'analyse chimique que microbiologique, une action très nette de la végétation sus-jacente et la formation d'un humus facilement décomposable, l'analyse chimique identifie ce profil à un profil sous graminées. Ceci est normal vu l'importance de la strate graminéenne adventice sous ce peuplement de Casuarina.

Enfin le peuplement d'Eucalyptus s'avère le moins bon à l'analyse microbiologique par la pauvreté de la vie microbienne; cependant ce sont ses profils qui présentent une teneur en bases échangeables et P_2O_5, bien supérieure aux autres profils.

Envisageons enfin l'absorption possible en eau des litières de ces différents peuplements. Ces litières sont en corrélation avec la strate graminéenne adventice; cependant elles se différencient entre elles de façon très nette.

La litière du peuplement de Black-Wattle est surtout formée de brindilles mortes et nous remarquons que les feuilles, d'ailleurs très petites de cette essence, sont rapidement décomposées et n'amènent qu'un faible apport d'humus. Le Cyprès rend une quantité de feuilles supérieure au Black-Wattle, et celles-ci semblent se décomposer facilement d'après les résultats d'analyses microbiologiques vus plus haut.

Le Casuarina donne une litière peu abondante, mais qui se décompose assez facilement; il est vrai qu'il est difficile de dissocier l'action de la litière propre au Casuarina et celle de la végétation adventice qui s'y est installée. Quant à l'Eucalyptus, s'il fournit une litière abondante, elle ne se décompose que très difficilement et donne un humus acide; son pouvoir d'absorption est nul.

Nous basant sur l'ensemble de ces données, nous pouvons, avec assez de certitude, classer l'Eucalyptus en dernière position. Les trois autres essences présentent des résultats divers suivant le genre d'analyse. L'Acacia présente un sol assez sec et une litière très peu abondante, le Cyprès présente un sol chimiquement pauvre mais avec une vie microbienne très active, sa végétation adventice est nulle et ce peuplement peut provoquer des dégâts d'érosion. Le Casuarina semblerait la meilleure essence, mais ceci n'est dû probablement qu'à sa végétation adventice.

Nous plaçant à un point de vue pratique, nous sommes forcé d'abandonner le Casuarina, cette essence n'étant pas économique par la qualité très médiocre de son bois et sa croissance très lente.

L'Acacia reste l'essence la plus intéressante pour la production de bois de chauffage; et enfin le Cyprès resterait une essence de production intéressante; cependant, comme nous l'avons expliqué plus haut, il faut envisager l'établissement des peuplements mixtes de Cyprès et de feuillus, ceci pour corriger les inconvénients pédologiques de cette essence.

RELEVES PHYTOSOCIOLOGIQUES CORRESPONDANT A CHAQUE PROFIL.

N° du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Date	21-9-48	21-9-48	21-9-48	21-9-48	27-9-48	27-9-48	27-9-48	27-9-48	27-9-48	27-9-48
Peuplement	*Acacia decurrens*	*Acacia decurrens*	*Cupressus lusitan.*	*Cupressus lusitan.*	*Casuarina montana*	*Casuarina montana*	*Eucalyptus*	*Eucalyptus*	*Savane*	*Savane*
Hauteur de la strate arborescente	14 m	14 m	20 m	19 m	16 m	16 m	23 m	23 m	—	—
Recouvrement de la strate arborescente	70 %	80 %	95 %	95 %	70 %	75 %	75 %	75 %	—	—
Hauteur de la strate arbustive	1m50	1m50	—	—	2-2m50	2m00	2m00	2m00	5-7 m	5-6 m.
Recouvrement de la strate arbustive	5 %	5 %	—	—	12 %	5 %	3 %	2 %	20 %	25 %
Hauteur de la strate herbacée	30 cm	35 cm	20 cm	10-40 cm	30-80 cm	20-70 cm	20 cm	20 cm	110 cm	100 cm
Recouvrement de la strate herbacée	40 %	35 %	5 %	inf. à 1 %	70 %	75 %	55 %	50 %	100 %	100 %
Superficie inventoriée	150 m²	150 m²	1.000 m²	400 m²	350 m²	400 m²	400 m²	400 m²	500 m²	400 m²
ESPECES VEGETALES										
Strate arborescente										
Acacia decurrens var. *mollissima*	5 5	5 5	—	—	—	—	—	—	—	—
Cupressus lusitanica	—	—	5 5	5.5	—	—	—	—	—	—
Casuarina montana	—	—	—	—	5.5	5.5	—	—	—	—
Eucalyptus saligna	—	—	—	—	—	—	5.5	5.5	—	—
Strate arbustive										
Caesalpinia sepiaria	1.1	+.2	—	—	—	+	+.2	+	—	—
Acacia decurrens var. *mollissima*	1 1	1 1	—	—	—	—	—	—	—	—
Phytolacca dodecandra	+ 2	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Ehretia cymosa	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Clerodendron sp.	—	+	+	+	—	—	+	—	—	—
Dombeya Claessensii	—	+	—	—	1 2	+	+	+	1.1	1.1
Carissa edulis	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Cedrella Toona	—	—	+	—	2 2	1.1	—	—	—	—
Coffea sp.	—	—	+	+	—	+	—	—	—	—
Allophyllus abyssinicus	—	—	—	+	—	—	+	—	1.1	1.1
Pennisetum purpureum	—	—	—	—	+ 2	—	—	—	—	—
Casuarina montana	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—
Bridelia sp.	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Sida sp.	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Clerodendron sp. (2)	—	—	—	—	—	—	+	—	+	—
Erythrina abyssinica	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+.2
Maesa rufescens	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Sesbania punctata	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Loranthus sp. (*sur Sesbania*)	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—

N° du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Combretum sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
Albizzia gummifera	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	2.2
Albizzia ferruginea	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Clausena anisata	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
Strate herbacée										
Acalypha sp.	+	+	+	—	+	+	+	+	1.1	1.1
Clerodendron sp. (1) (plantules)	+	+	+	+	+	+	• —	+	+	+
Oxalis corniculata	1.1	+	—	—	1.1	1.1	+	+	+	+
Clematis simensis	+	+	+	—	+	+	+	+	—	+
Digitaria scalarum	+	+	—	—	2.2	1.1	4.4	3.3	+.2	1.1
Ageratum conyzoides	+	+	—	+	1.1	1.1	1.1	+	—	—
Gynura crepidioides	+	+	—	—	+	+	+	+	+	—
Digitaria horizontalis	+	+	—	—	+	+	1.1	+	—	+
Vernonia purpurea	+.2	—	+	+	+	+	+	+	—	—
Phyllanthus sp.	+	+	—	—	+	+	+	—	+	+
Spermacoce pilosa	—	+	+	—	+	+	—	+	+	1.1
Commelina africana	—	—	—	—	+	+	1.1	1.1	+	+
Erigeron sumatrensis	—	+	—	+	1.1	2.2	+	1.1	+	—
Cynodon plectostachyon	3.3	+	—	—	+	1.1	+	+	—	—
Bidens pilosa	1.1	1.1	—	—	+.2	+	+	+	—	—
Indigofera aff. *tinctoria*	+	+	—	—	+	+	—	—	1.1	+
Achirantes aspera	+.2	+	—	—	+	—	+	+.2	—	—
Berkheya Spekeana	+	+	—	—	+	+	+	—	+	—
Mariscus sp.	1.1	+	—	—	+	+	+	+	—	—
Galinsoga parviflora	1.1	+	—	—	+	+	+	+	—	—
Rubia sp.	+.2	—	—	+	+	+	—	+	—	+
Commelina sp.	+	—	—	—	+	+	+	+	+	—
Commelina polyspatha	+	—	+	—	+	+	1.1	—	—	—
Hyparrhenia cymbaria	+	+	—	—	+	+	+	+	—	—
Alternanthera sessilis	+	+	+	—	+	+.2	+	—	—	—
Cissus sp. (1)	—	—	+	+	+	+	+	+	+	—
Pentas sp.	—	—	—	—	+	+	+	—	+	+
Ajuga alba	—	—	—	—	1.1	1.1	+	—	+	+
Kalanchoe crenata	+.2	1.2	+	—	+	—	—	—	—	—
Physalis sp.	+	—	—	—	+	+	+	+	—	—
Urginea sp.	+	+	—	—	+	+	+	—	—	—
Melothria sp.	+	—	+	+	+	—	—	—	—	—
Asplenium sp.	+.2	1.1	—	+	—	+	—	—	—	—
Setaria sphacelata	—	+	—	—	—	+.2	—	—	5.5	5.5
Sida sp.	—	+	—	—	—	—	+	+	+	+
Justicia insularis	+	+	—	—	—	—	—	—	1.1	1.1

(Suite page 710)

RELEVES PHYTOSOCIOLOGIQUES CORRESPONDANT A CHAQUE PROFIL (Suite).

N° du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Allophyllus abyssinicus (plantules)	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—
Glycine sp.	+	+	—	—	—	—	+	+	—	—
Pennisetum unisetum	—	+.2	—	—	+	+	—	+	—	—
Imperata cylindrica	—	+	—	—	4 4	4.4	—	+.2	—	—
Asparagus sp.	—	+	—	+	+	—	—	+	—	—
Sporobolus pyramidalis	—	+	—	—	+	+	—	+.2	—	—
Kosteletzkya sp.	+	—	—	—	—	—	+.2	+	—	+.2
Rumex abyssinicus	—	+	—	—	—	+	—	—	+	+
Senecio ruwenzoriensis	—	+	—	—	1 2	+	+.2	—	—	—
Pteris aquilina	—	—	—	—	+	+	—	—	1.1	2.2
Brachiaria Kotschyana	+.2	+	1.3	—	—	—	—	—	—	—
Conyza sp.	+	—	—	—	—	+	—	—	+	—
Achirantes sp.	1 3	1.1	+	—	—	—	—	—	—	—
Rubus sp.	+	—	—	—	—	+	—	—	+.2	—
Argyrolobium sp.	—	+	—	—	—	—	—	+	+	—
Clausena anisata	—	+.2	—	—	—	+	—	+	—	—
Desmodium mauritianum	—	+	—	—	—	+	—	+	—	—
Gladiolus quartinianus	—	—	—	+	—	—	+	+	—	—
Primula sp.	—	—	—	—	1 1	+	—	—	+	—
Gynura vitellina	—	—	—	—	+	—	—	—	+	+
Euphorbia sp.	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—
Sonchus asper	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—
Hydrocotile cfr. *monticola*	—	—	—	—	+	+	—	—	+	—
Eriosema psoralebides	—	—	—	—	+	+	—	—	+	—
Polygala sp.	—	—	—	—	+	+	+	—	—	—
Micromeria biflora	—	—	—	—	+	+	—	—	+	—
Paspalum scrobiculatum	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—
Laggera alata	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+
Melothria minutiflora	—	—	—	—	—	+	+	—	—	+
Triumphetta sp. (1)	—	—	—	—	—	+	—	—	+	+
Cyathula globulifera	1 1	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Dombeya Claessensii (plantules)	+	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Coffea sp. (plantules)	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Senecio Mannii	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Vernonia colorata	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—
Carex echinochloa	+	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Digitaria uniglumis	—	+	—	—	—	+	—	—	—	—
Fougères sp.	—	+ 2	—	—	+	—	—	—	—	—
Desmodium Scalpe	—	.	—	—	—	—	—	+	—	—
Inula sp.	—	—	+	—	—	+	—	—	—	—
Vernonia cfr. *conferta*	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—
Heliohrysum sp.	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—

Nº du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Solanum sp.	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—
Cissus sp. (2)	—	—	—	—	+	—	—	—	+	—
Vigna sp.	—	—	—	—	—	+	—	—	—	+
Aspilia Chevalieri	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—
Lefeburia sp.	—	—	—	—	—	+	—	—	+	—
Albizzia gummifera (plantules)	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
Teramnus sp.	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
Indigofera endecaphylla	—	—	—	—	—	—	—	+	+	—
Pennisetum purpureum	—	—	—	—	—	—	—	—	+.2	+
Dischoriste radicans	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	+
Hypericum sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	1.1	1.1
Acacia decurrens (plantules)	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Setaria Chevalieri	+.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sporobolus festivus	1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mousse sp.	—	+.2	—	—	—	—	—	—	—	—
Erhetia cymosa (plantules)	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Dryopteris sp.	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Grevillea robusta (plantules)	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
Teclea sp.	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
Lantana salvifolia	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Platystoma africanum	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
Gnaphalium luteoalbum	—	—	—	—	—	1.1	—	—	—	—
Solanum nigrum	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Acrocephalus sp.	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Casuarina montana (plantules)	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Cassia sp. (plantules)	—	—	—	—	—		—	—	—	—
Alysicarpus Zeyheri	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Brachiaria semiundulata	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Vernonia sp.	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Clerodendron sp (2)	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
Combretum sp. (plantules)	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—
Phytolacca dodecandra	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—
Ipomoea sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Asclepias semilunata	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
Geniosporum paludosum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3
Melinis minutiflora	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+.2
Triumphetta sp. (2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3
Echinops amplexicaulis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Diplolophium abyssinicum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Aeschynomene abyssinica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Maesa rufescens (plantules)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
Dissotis multiflora	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.3

Profondeur 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

15 cm
30 cm
45 cm
60 cm
75 cm
90 cm
105 cm
120 cm
135 cm

Matière minérale

Eau

Air

PROFIL N°1

Parcelles 35-36 Nioka

Peuplement de Black Wattle

16-8-48

Profondeur 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

15 cm
30 cm
45 cm
60 cm
75 cm
90 cm
105 cm
120 cm
135 cm

Matière minérale

Eau

Air

PROFIL N°2

Parcelles 35-36 Nioka

Peuplement de Black-Wattle

19. 8. 48

Profondeur 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

15 cm. 30 cm. 45 cm. 60 cm. 75 cm. 90 cm. 105 cm. 120 cm. 135 cm.

Matière minérale — Eau — Air

PROFIL N°3

Parcelles 35-36 Nioka

Peuplement de Cupressus lusitanica

16-8-48.

Profondeur 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

15 cm 30 cm. 45 cm. 60 cm. 75 cm 90 cm. 105 cm. 120 cm. 135 cm.

Matière minérale — Eau — Air.

PROFIL N°4

Parcelles 35-36 Nioka

Peuplement de Cupressus lusitanica

16-8-48.

Profondeur 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

15 cm.
30 cm.
45 cm
60 cm
75 cm
90 cm
105 cm
120 cm.
135 cm.

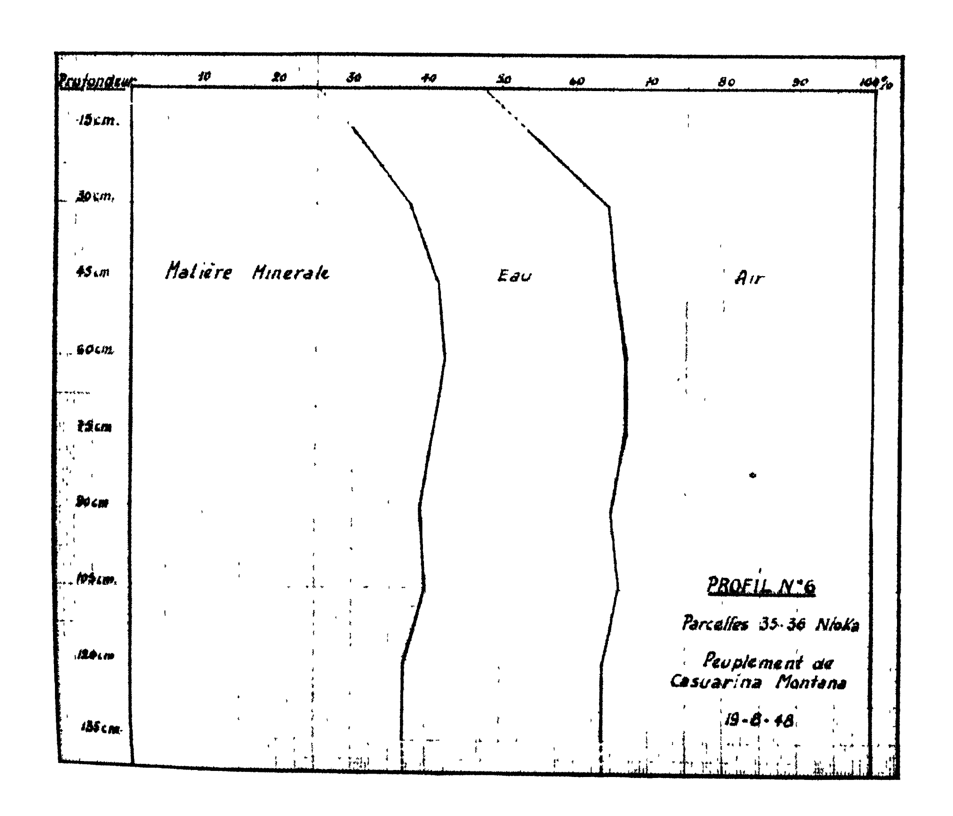
Matière minérale
Eau
Air

PROFIL N°5

Parcelles 35-36 Nioka

Peuplement de Casuarina Montana

19-8-48



Profondeur 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

15cm
30cm
45cm
60cm
75cm
90cm
105cm
120cm
135cm

Matière minérale

Eau

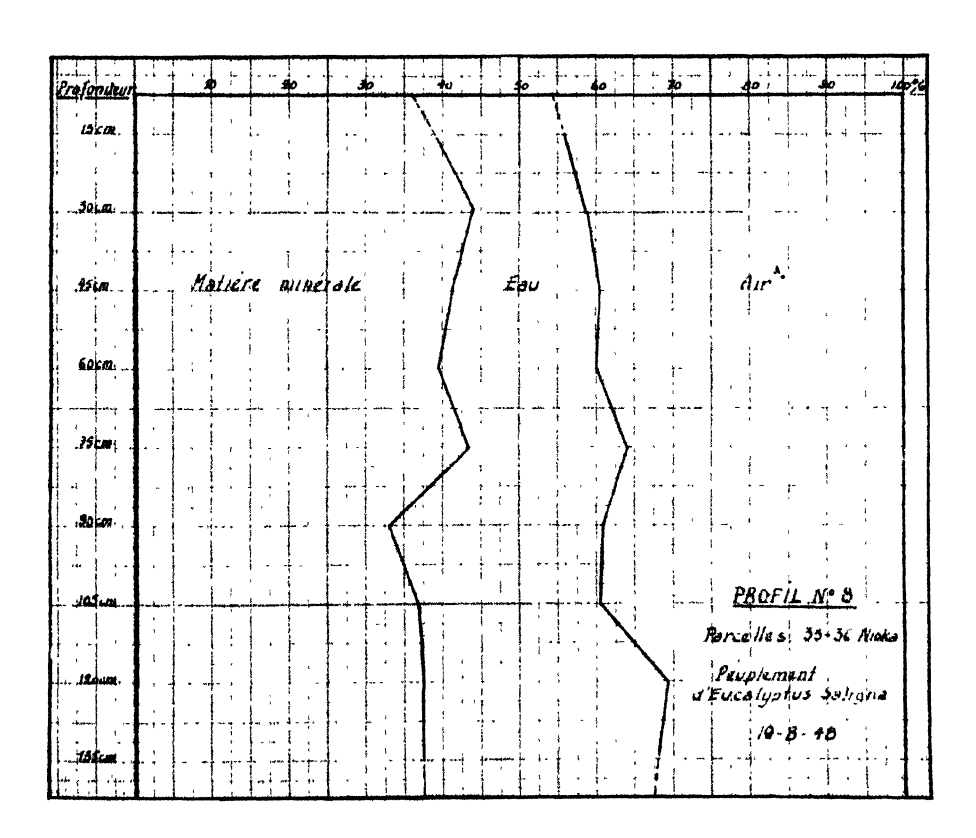
Air

PROFIL N°7

Parcelles 35 36 Nioka

Peuplement d'Eucalyptus Saligna

19-8-48



Profondeur
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%
15cm.
30cm.
45cm.
60cm.
75cm.
90cm.
105cm.
120cm.
135cm.
Matière minérale
Eau
Air

PROFIL N°9

Brousse près de la
Briquetterie P.V.
Nioka

Profondeur
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%
15cm.
30cm.
45cm.
60cm.
75cm.
90cm.
105cm.
120cm.
135cm.
Matière minérale
Eau
Air

PROFIL N°10

Brousse près de
la Briquetterie P.V.
Nioka

Biogéographie et Ecologie de la forêt dense ombrophile de la Côte d'Ivoire

par

Aug. CHEVALIER,
Professeur honoraire au Muséum d'Histoire Naturelle.

La forêt dense équatoriale qui s'étend en outre, quand le climat le permet, à diverses régions tropicales, couvre encore en Asie, en Malaisie, en Afrique et en Amérique, de vastes étendues, malgré les assauts que la colonisation lui a imposés depuis trois siècles. En Afrique noire, elle avait été jusqu'à ces derniers temps moins entamée que partout ailleurs (l'Amazonie exceptée). Depuis une quarantaine d'années, cette forêt africaine est à son tour assaillie de toutes parts par les défrichements et par les abattages d'arbres; en outre, les prospections scientifiques dont elle a été l'objet dans la même période ont montré qu'elle n'est pas partout vierge et naturelle. En beaucoup d'endroits où existent pourtant de grands arbres rapprochés, supportant des lianes et des épiphytes, cette forêt n'est pas primaire : elle a été défrichée plus ou moins anciennement et on a affaire à une forêt reconstituée ou forêt secondaire. Il y a une quarantaine d'années déjà, j'ai montré que la grande forêt de la Côte d'Ivoire, si dense soit-elle, était pour les deux tiers au moins de son étendue une forêt secondaire reconstituée. Quand je fis connaître ces vues, après avoir parcouru à pied la forêt africaine sur toute son étendue et en avoir prospecté la flore pendant des années, alors qu'il n'y avait pas de routes et qu'on y circulait difficilement, la véracité de mes observations fut mise en doute. Aujourd'hui, il n'en est plus de même. Tous les naturalistes s'accordent pour reconnaître que la forêt dense primitive est l'exception; on ne la rencontre que dans les régions inhabitées depuis des siècles ou dans les endroits où toute culture est impossible (marais, rochers, montagnes, terrains soumis à des inondations périodiques : bords de l'Amazone et rives du Congo, abords des lacs d'Afrique centrale, etc., etc.).

Nos connaissances sur la biologie de ces forêts denses tropicales : la *rain evergreen forest* et la *deciduous forest*, qui subit des alternatives de sécheresse et dont la plupart des arbres perdent leurs feuilles pen-

dant une courte période, se sont beaucoup accrues depuis la publication de nos premiers travaux (1). Des recherches nombreuses ont été faites surtout par les forestiers, tant dans la forêt qui s'étend de Sierra-Leone à la Gold-Coast et à la Nigéria du Sud (Côte d'Ivoire comprise) que dans celle qui est située sous l'Equateur (Cameroun, Gabon, Congo).

Deux travaux importants sur certains problèmes biologiques concernant la forêt de la Côte d'Ivoire, dus l'un à M. PAULIAN, l'autre à M. AUBRÉVILLE, viennent encore d'être publiés. Nous croyons utile de les passer ici en revue, de montrer les faits nouveaux qu'ils apportent et d'exposer nos vues personnelles qui diffèrent sur certains points de celles exposées par le premier Auteur, M. Renaud PAULIAN (2).

HISTORIQUE.

L'étendue et la somptuosité de la forêt dense de la Côte d'Ivoire ne furent révélées qu'en 1892 par la publication de l'ouvrage du capitaine BINGER (du Niger au golfe de Guinée) qui en avait effectué la traversée en mars 1889, venant du Soudan et mettant environ trente jours pour aller de Bondoukou à la côte, par la vallée du Comoë.

« *Partout, écrit-il (tome II, p. 327), c'est la forêt vierge, l'imposante forêt tropicale, où il est presque impossible de circuler... en travers des sentiers viennent s'enchevêtrer les immenses racines d'arbres gigantesques... Les basses branches de ces végétaux commencent à 15 ou 20 mètres du sol et leur couronne se perd dans les cieux. Aux branches sont suspendues d'immenses lianes qui atteignent bien souvent un diamètre de 10 à 15 cm. Pour se frayer un sentier dans de pareilles forêts, on est obligé de se faire précéder par des équipes de nègres chargés de couper avec des sabres les lianes et les arbustes qui barrent le passage. Du soleil, point; il règne dans cette forêt de trente jours de marche, une sorte de demi-obscurité qui fatigue. On a soif de voir le jour, de voir de l'herbe, car ici le sol n'est tapissé que de jeunes pousses d'arbres et de fouillis d'Ananas. Pas de Fougères* (3), *pas de fleurs, rien qui réconforte, qui parle au cœur, à l'âme. La monotonie est terrible dans ces régions* (4). *Et cependant, comme toute cette forêt est grandiose et mystérieuse ! Comme ce silence est imposant. Ni le vent, ni le soleil ne pénètrent*

(1) Nous les avons résumés dans le *Traité de Géographie physique* de Em. DE MARTONNE, t. III, Biogéographie (1927), pp. 1211-1219.

(2) PAULIAN, R. — Observations écologiques en forêt de Basse Côte d'Ivoire, 1 vol., 147 p. Paris. Paul Lechevalier, édit., 1947. — AUBRÉVILLE, A. — Les brousses secondaires en Afrique équoriale. *Bois et Forêts des Tropiques*, I, 1947, pp. 29-49.

(3) Si, il en existe, mais elles vivent en épiphytes sur les arbres (A. Ch.).

(4) Ce n'est pas exact, mais BINGER n'était pas naturaliste. Plus tard il comprit que cette forêt était très variée et c'est lui qui nous encouragea, à partir de 1904, à en faire la prospection.

dans cette immensité. A 100 m. d'un village, on est isolé du monde. C'est à peine si l'on aperçoit des oiseaux : ils vivent dans les cimes, goûtant à la fois le soleil et l'ombre; leur babil n'arrive pas jusqu'au sentier, étouffé par les coups de sabre d'abatis des indigènes qui frayent le chemin en coupant des lianes et de petits arbres. De temps à autre, on entend cependant fuir un gibier... ce n'est qu'une toute petite gazelle de la taille d'une chèvre. Dans les haltes, quand, assis dans le sentier, tout le monde se réconforte d'une igname bouillie froide ou de quelques bananes, il passe à 20 ou 30 m. au-dessus de vous une joyeuse bande de singes dont les cris sont étouffés par le craquement de bois morts... Fatigués, avançant avec peine, nous nous demandons si nous rencontrerons bientôt le village. Il faut encore marcher deux heures pour l'atteindre. Enfin surgit la petite plantation de Manioc et la bananeraie qui l'environne. »

Cette description est accompagnée d'un magnifique dessin : *La forêt*, par Gustave DORÉ, qui, bien que n'ayant pas vu cette sylve imposante, en a assez bien rendu la réalité.

C'est en mai 1902, que je devais apercevoir du rivage de Tabou la première fois cette forêt, alors que je me rendais au Congo, où je devais traverser, de part en part, la grande sylve équatoriale très semblable à celle de l'Ouest africain, ainsi que j'allais m'en rendre compte par la suite.

En 1905, je consacrai quelques semaines à une première prospection de la forêt ivorienne observant les abattages d'arbres dans la trouée de la voie ferrée que l'on commençait à construire. Je pus déjà y récolter ou y faire recueillir environ 300 espèces végétales et en particulier y rassembler les premiers documents qui me permirent de décrire peu après le *Khaya ivorensis*, le magnifique Acajou de cette région alors encore inédit. En 1906, j'y revins encore, encouragé par M. BINGER lui-même et par le Gouverneur CLOZEL et je consacrai presque toute l'année 1907 à parcourir à pied la forêt dans des régions non encore visitées sur des centaines de kilomètres, à l'est, au centre et à l'ouest; je la parcourus encore en 1909 et 1910 dans la région montagneuse N W, puis en la coupant du N au S par le Bandama, le Nzi et l'Agniéby, recueillant partout d'importantes collections botaniques, zoologiques, minéralogiques. J'ai consacré, de 1906 à 1912, plus de deux années entières à circuler dans cette forêt, constamment en déplacements, en toutes saisons, dans tous les sens et à pied à des époques où elle n'était pas mutilée comme de nos jours. Les plantations de Cacaoyers et de Caféiers n'existaient pas encore, les bananeraies étaient exiguës et localisées autour des villages. Pourtant, c'est en 1907 que je découvris que cette forêt n'était pas vierge partout, malgré les apparences. Je fis connaître que près des deux tiers en avaient été antérieurement défrichés et étaient reconstitués par de la forêt secondaire. Cependant pendant mes ran-

données, je rencontrai assez souvent de la vraie forêt primaire fort reconnaissable grâce à l'expérience que j'avais acquise en circulant à pied par tous les temps, loin de tous les lieux habités (notamment entre le moyen Sassandra et le Cavally, dans des contrées où les chasseurs indigènes même ne pénétraient pas).

C'est au cours de ces diverses prospections que j'ai rassemblé un matériel imposant au point de vue géographique et sciences naturelles. Les documents qui n'étaient pas de ma spécialité ont été versés aux divers services du Muséum. Les minéraux furent étudiés par M. LACROIX. J'ai moi-même étudié les plantes et publié des notes géographiques. Mon livre sur les principaux arbres de la forêt a été publié en 1909. En 1911, j'ai établi un catalogue, resté inédit, mentionnant toutes les espèces (ligneuses et herbacées) que j'avais récoltées moi-même. La plupart des espèces (pas celles de 1909-1910) sont énumérées dans mon *Exploration botanique de l'A.O.F.* (1919).

De 1930 à 1935, HUTCHINSON et DALZIEL ont compulsé mon herbier et ils ont fait connaître dans leur Flore les espèces et les stations de la Côte d'Ivoire d'après mes récoltes.

A partir de 1928, A. AUBRÉVILLE et divers autres ingénieurs forestiers ont prospecté en détail les diverses parties de la forêt, recensant les arbres qu'elle renferme et faisant connaître leur distribution, mais les arbustes, et surtout les lianes et les plantes herbacées, ont été laissés de côté. Par contre, les arbres et les arbustes les plus importants sont bien connus; la plupart ont été décrits et figurés par AUBRÉVILLE. Cet excellent observateur a fait connaître beaucoup de particularités relatives à la forêt, à sa conservation, à son climat, à ses différents aspects. On pourra sans doute y découvrir encore des arbres nouveaux, surtout vers la frontière de Libéria, mais on peut dire que la flore forestière est connue dans ses grandes lignes.

Un autre prospecteur A. SCAETTA a fait connaître d'autres particularités biologiques relatives à la forêt ivorienne, surtout en ce qui concerne les rapports de la végétation avec le sol et avec le climat.

OBSERVATIONS ECOLOGIQUES DE M. PAULIAN.

Les choses en étaient là quand ont paru tout récemment les *Observations écologiques en forêt de Basse Côte d'Ivoire* de M. Renaud PAULIAN. Observateur sagace et entomologiste expérimenté, M. R. PAULIAN nous présente un tableau très original de la vie animale dans les coins de la forêt qu'il a explorés. Son étude aurait évidemment une portée plus grande si, à l'exemple de GHESQUIÈRE qui connaît aussi bien les plantes que la faune entomologique du Congo belge, il avait pu situer les associations animales qu'il décrit parmi les groupements végétaux qu'il nous serait également très désirable de connaître. En réalité, très peu d'espèces botaniques sont citées par lui.

Les biocénoses dont il nous entretient sont essentiellement des groupements d'insectes. Quant au rythme saisonnier de la vie animale, il est indiqué surtout, d'après CHAPIN, pour les Oiseaux du Congo belge et, d'après DAVIS, pour les Moustiques et les Floraisons d'arbres au Brésil. J'ai la certitude qu'un observateur connaissant la flore et la faune pourrait fournir des indications semblables et même beaucoup plus étendues pour la forêt de la Côte d'Ivoire. Je dois ajouter toutefois que pour une même espèce végétale, il y a fréquemment, suivant les individus de la même espèce, plusieurs époques de floraison. J'ai constaté aussi que diverses espèces de grands arbres fleurissent très rarement. Il faut l'attribuer à leur état de sénilité. D'autre part, pour un certain nombre d'espèces à bois dur, la mise à fleurs est très tardive et n'a lieu qu'après la vingtieme ou même la trentième année. Ces arbres ont du reste dans leur état juvénile une croissance très lente.

Nous reviendrons plus loin sur la première partie de l'ouvrage de M. PAULIAN. De la deuxième partie nous avons peu à dire : toutefois, il nous semble qu'en matière d'écologie, botanistes et entomologistes ne parlent pas le même langage. Par exemple, p. 46, en ce qui concerne les *groupements*, l'Auteur remarque sans doute avec raison, s'il s'agit d'animaux, qu'il est absolument impossible de désigner les groupements du nom de la ou des espèces dominantes, mais que le groupement peut être défini par le milieu qui le constitue : ainsi parlera-t-on du groupement du sol en prairie de clairière. En phytosociologie, une telle définition ne se concevrait pas : ce sont la ou les espèces dominantes qui caractérisent l'association; d'autre part, « groupement du sol en prairie de clairière », pour nous botaniste, n'a pas de sens, car il y a sans doute dix sortes différentes d'associations de ce genre à la Côte d'Ivoire : il y a d'abord celles qui sont naturelles; il y a aussi celles qui ont été créées par l'homme. De même, il y a probablement plus de trente groupements végétaux différents de forêt dense. Ils sont du reste très difficiles à définir en raison de la complexité de la forêt, renfermant à la Côte d'Ivoire seulement au moins 3.000 à 4.000 espèces de plantes réparties en une mosaique inextricable et le *hasard*, comme l'a indiqué AUBRÉVILLE, tient sans doute aussi une grande place dans leur répartition. N'en serait-il pas de même dans les biocénoses animales ?

Le chapitre sur les variations saisonnières de la faune entomologique renferme beaucoup d'observations originales, de même que les importants paragraphes consacrés aux groupements des clairières, des lisières, des différents étages de la forêt, aux variations en forêt suivant les diverses époques de l'année et aussi les variations nycthémérales, les espèces diurnes et les espèces nocturnes, les associations animales aux différents étages de la forêt. L'Auteur nous révèle ce fait d'un haut intérêt que la voûte a une faune entomologique très

particulière. Elle renferme d'abord les *saproxylophiles* qui vivent sur les mottes d'humus formées dans la fourche ou à la base des touffes d'épiphytes fixées sur les branches supérieures et dont l'origine nous a été révélée par SCAETTA (poussières atmosphériques retenues par la cime des arbres et transportées par la pluie en certains points où elles s'accumulent. M. PAULIAN croit qu'une partie de l'humus peut aussi être transportée en hauteur le long des troncs, depuis le sol jusqu'à une certaine hauteur par des animaux, notamment par *Pterorthochaetes* et par des Isopodes. A 25 m. de hauteur, dans une motte d'humus, portant une touffe de *Nephrolepis* (Fougère), il a recueilli une faune riche de petits animaux terricoles. Sur la voûte même de la forêt (de 25 à 40 m. de hauteur), M. PAULIAN a recueilli aussi un grand nombre d'insectes particuliers, surtout des nocturnes (24 espèces) parmi lesquels dominent les phytophages. « Tout se passe, écrit-il, comme si les zones à éclairement violent favorisaient, avec la croissance de la végétation, la multiplication des phytophages et permettaient le développement d'un groupement faunistique nettement déséquilibré. »

Tour à tour sont étudiés les groupements de la prairie environnant la forêt, le groupement du sol en forêt qui est pratiquement azoïque (la faune souterraine et humicole est laissée de côté), le groupement de la lisière riche en phytophages « plus varié que celui de la prairie par suite de la plus grande variété d'essences botaniques constitutives ».

Une partie des insectes de la voûte sont les mêmes que ceux du sol de la forêt et du sol de la clairière; ces derniers atteignent la voûte le long de la lisière comme le montre une curieuse figure schématique (p. 120).

Dans ses conclusions, l'Auteur suppose que cette faune de la voûte est venue en Afrique en même temps que la faune scotophile vivant dans la pénombre du sous-bois « qui ne pénètre ni dans la voûte », ni dans la lisière, ni à fortiori dans la clairière : les formes d'ombre seraient originaires d'Insulinde et de Birmanie, les formes héliophiles seraient surtout éthiopiennes. Ici nous sommes en pleine hypothèse ne reposant vraiment sur aucune base et nous ne pouvons suivre l'Auteur dans ses suppositions quand il indique, par exemple, que « suivant les reconstitutions de KOEPPEN, de WEGENER et de JEANNEL, au Pliocène le massif éburneo-libérien se trouvait en dehors de la zone sylvestre périéquatoriale ». Nous pensons (et l'examen des sols fossiles du Sahel nigérien en donne la preuve) que la grande forêt dense est très ancienne sur son emplacement actuel. Des changements climatiques au tertiaire et au quaternaire l'ont fait reculer, mais sur son emplacement actuel elle existait déjà au tertiaire, sans quoi les carapaces fossiles qui s'observent dans la zone sahélienne se rencontreraient aussi en forêt. Quant à l'origine de la flore (et

aussi vraisemblablement de la faune) une bonne part est vraiment africaine. Il y a eu aussi, comme l'a montré autrefois A. ENGLER, quelques apports indo-malais et d'autres brésiliens, mais ils sont relativement peu nombreux. En un mot, rien ne permet d'affirmer, comme le fait l'Auteur, que la forêt a succédé à une savane d'aspect guinéen (p. 124) et qu'elle est d'origine étrangère. Il est un autre point sur lequel je me sépare complètement de M. PAULIAN. C'est quand il écrit, p. 25 :

« *La forêt primaire de la Côte d'Ivoire n'est aucunement comparable à celle de l'Amazonie ou de la Guyane, ni même à la forêt du Gabon. Elle diffère de ces trois forêts par la discontinuité beaucoup plus marquée du toit des feuilles...; nulle part le soleil n'est complètement invisible; nulle part ne règne le lourd silence continu de ces sylves. D'autre part, la forêt éburnéenne diffère de la forêt américaine par un fait d'ordre historique. Il ne semble pas, en effet, qu'il y existe de région véritablement primaire, c'est-à-dire n'ayant jamais été défrichée par l'homme.* »

J'ai connu, il y a quarante ans, d'immenses étendues de forêt primaire à la Côte d'Ivoire en tout semblable, comme virginité et aspect (sauf bien entendu comme composition floristique), aux forêts vierges du Brésil, de Malaisie, d'Indochine, du Gabon que j'ai visitées aussi. De ces forêts primaires ivoriennes, il subsiste encore des témoins imposants, où le soleil ne pénètre pas dans le sous-bois, où il n'y a aucune trace de défrichements anciens. Il existe encore sans doute de cette forêt entre le Sassandra et le Cavally et dans certaines régions inhabitées. Les forêts qu'a étudiées M. PAULIAN au Banco, à Yapo, à Azagué, etc. rentrent sans doute dans ce que M. AUBRÉVILLE nomme « vieille forêt secondaire avec reconstitution du sous-bois primaire ». Il faut donc s'entendre. On ne peut comparer que des choses semblables. La forêt primitive et la forêt secondaire ancienne ont les plus grandes analogies partout où le climat permet l'établissement de la *rain forest* que nous considérons comme identique à l'*evergreen forest*, mais elles sont néanmoins dissemblables et je pense que M. PAULIAN n'a vu que la forêt reconstituée.

Que la forêt dense ait été défrichée par endroits ou parcourue par des chasseurs autrefois, cela est certain.

J'ai trouvé aussi moi-même parfois sous la forêt dense africaine des vestiges d'établissements humains. Ils m'ont semblé toujours peu anciens. La zone des savanes soit au Soudan, soit au Congo et en Afrique orientale a été peuplée la première et c'est incontestablement là que l'agriculture africaine a pris d'abord naissance. Les agriculteurs se sont enfoncés bien plus tard dans la sylve. Ils y avaient été précédés sans doute par des Pygmées qui semblent avoir peuplé même la forêt

de la Côte d'Ivoire ainsi que l'auraient établi des crânes conservés au Musée de l'Homme que j'ai rapportés autrefois du Haut Cavally et qu'avait examinés le Dr POUTRIN.

Quant aux défrichements que pratiquent les peuplades forestières, ils sont partout identiques. Ils n'ont pu être de quelque importance (vis-à-vis de la forêt primaire à bois dur) que quand l'homme a été en possesion d'outils en fer.

Il est encore un point sur lequel je suis en désaccord avec M. PAULIAN. C'est quand il admet en Afrique tropicale l'existence de deux blocs de peuplement forestier : l'un à l'W : le bloc éburnéo-libérien, l'autre au S E, le bloc Cameroun-Gabon. Ces blocs, séparés par la savane Togo-Dahomey qui s'avance jusqu'au golfe de Guinée, n'en ont, il y a quelques siècles, formé qu'un. Il n'est pas douteux pour nous que la savane intermédiaire est toute récente et est due à des défrichements qui se sont faits à l'époque historique. Il reste encore des îlots forestiers conservés ça et là comme bois sacrés (1). Les différences que note M. PAULIAN entre la forêt de la Côte d'Ivoire et celle du Gabon, p. 14, proviennent de ce qu'il compare une forêt secondaire (celle du Banco) à une forêt primaire (celle de la Sanaga). Dans les deux blocs de forêts il existe un grand nombre d'espèces (animales et végétales) communes et aussi des espèces spéciales à chaque bloc et même des genres particuliers, ce qui est bien naturel étant donné leur éloignement en longitude et en latitude.

Les quelques remarques qui précèdent n'enlèvent point leur valeur aux observations biologiques si originales faites par M. PAULIAN. Son étude nous fait beaucoup mieux connaître la forêt de l'Ouest africain et la distribution de sa population animale.

OBSERVATIONS DE M. AUBREVILLE SUR LES FORETS DENSES.

Le mémoire de M. AUBRÉVILLE consacré aux *brousses secondaires* n'est pas moins intéressant que celui de M. PAULIAN. Les brousses auxquelles se rapporte son mémoire sont les forêts secondaires de la *rain forest*, disséminées en bordure et à travers la forêt primaire. Ce sont à l'origine des jachères forestières, mais si on les laisse longtemps sans y toucher, il finit par se constituer, au bout d'un siècle au moins (?), une forêt secondaire d'aspect primaire mais parmi laquelle subsistent encore sous les grands arbres à bois dur épars, des essences à bois tendre qui ont constitué le premier peuplement ligneux de la forêt secondaire. C'est une telle forêt reconstituée qui existe dans la réserve de Banco (Côte d'Ivoire). C'est à tort qu'on la prend pour une forêt vierge.

(1) Du moins il en existait au Dahomey encore un grand nombre en 1910 La plupart ont été défrichés depuis pour cultiver le Maïs.

Voici comment l'Auteur distingue les diverses catégories de forêt dense équatoriale :

A) Au temps où les Pygmées étaient peut-être les seuls humains vivant en forêt équatoriale la *forêt primaire* régnait partout exclusive. Il n'en subsiste plus que des lambeaux aujourd'hui. Les arbres qui la composent ont des bois durs ou très durs (Sapotacées, *Lophira procera*, Guttifères, certaines Légumineuses, telles que *Macrolobium*, sp.). Ces arbres très hauts forment une voûte continue. Ils donnent des graines lourdes qui germent là où elles tombent. Les plantules et les jeunes arbres qui en résultent croissent d'abord très lentement et supportent l'ombrage de la forêt. Ils ne s'élancent vers la lumière que quand survient une trouée dans la voûte par suite de la chute d'un arbre.

B) La *forêt secondaire* est le résultat de défrichements ou d'abattages d'arbres. La composition de cette forêt est très complexe; elle comprend un grand nombre d'essences à bois tendre et héliophiles dont certaines vivent sur des aires très étendues. Certaines sont répandues depuis la Casamance jusqu'à Madagascar (*Haiungana, Trema guineensis*, etc.) au travers de toute l'Afrique équatoriale. D'autres sont beaucoup moins largement distribuées. « Le type de ces brousses varie d'une localité à une autre, d'un pays à un autre. » L'A. pense que le hasard joue un grand rôle dans la répartition des arbres qui s'installent sur le défriché. Il estime que les peuplements de ces espèces qui manqueraient dans la forêt primaire « proviennent pour une bonne part des *régions marécageuses* et *des bords des rivières* ». Elles ne s'installaient, écrit-il, avant l'homme, que sur des alluvions récemment exondées, en pleine lumière et se maintenaient sur les lisières de la forêt dense. Elles avaient là, à profusion, lumière et eau, mais quand le sol venait à s'assécher pour une raison quelconque, elles étaient éliminées par les essences de la forêt primaire qui pouvaient alors s'introduire parmi elles. Très vraisemblablement, on peut concevoir ainsi l'origine de ces espèces caractéristiques de la brousse secondaire, montées sur racines aériennes que sont le *Parasolier*, les *Macaranga, Bridelia, Xylopia, Anthostema, Myrianthus*, de toutes ces autres espèces, également de terrains humides, mais sans racines aériennes : *Cleistopholis, Treculia, Sakersia, Oxyanthus, Alchornea*. Ces essences étaient primitivement moins répandues qu'aujourd'hui. C'est l'homme qui en défrichant leur a ouvert la forêt où elles ne pouvaient vivre normalement en communautés.

Quant aux autres espèces de la forêt secondaire, M. AUBRÉVILLE pense que les unes viennent vraisemblablement des sous-bois des formations demi-sèches à futaie claire (*deciduous forest*), futaies qui marquaient très anciennement une transition entre la forêt équatoriale humide (*evergreen forest* ou *rain forest*) et les formations forestières des régions de longue saison sèche. D'autres sont descendues des

bushs xérophiles qui garnissent les pentes abruptes. Quant aux grands arbres des forêts secondaires, la plupart existaient dans les forêts anciennes, mais ils n'y avaient pas la fréquence qu'ils ont prise aujourd'hui consécutivement aux défrichements. De ce nombre seraient les grands *Terminalia*, le *Triplochiton*, le *Chlorophora*, les Acajous et même l'*Okoumé*. Ce dernier aurait vécu d'abord dans les estuaires du Gabon, sur les alluvions en voie de peuplement et il se serait ensuite étendu sur les défrichements. Il est souvent abondant dans la forêt primaire, mais normalement il ne s'y régénère pas. « C'est une espèce de brousse secondaire de première installation, mais un grand arbre longévif qui ne s'y régénère pas. Son habitat propre se situerait dans les alluvions deltaïques et lacustres, terres fraîchement colmatées du Gabon maritime. »

Il y a, pensons-nous, une grande part d'hypothèses dans toutes ces assertions. Nous exposerons plus loin notre manière de voir à ce sujet :

Tous les arbres et arbustes de la forêt secondaire (exception des arbres introduits par l'homme et qu'on trouve aujourd'hui en pleine forêt secondaire : *Ceiba Thonningii*, *Spondias Monbin*, *Lonchocarpus sericeus)* se trouvent aussi clairsemés dans la forêt primaire, soit dans les sous-bois, soit inclus dans les marais; les graines qui les ont ensuite répandus dans les défrichés ne viennent pas de très loin. Il en est ainsi même pour le Parasolier (*Musanga Smithii*). Il est exact qu'on le voit apparaître brusquement quand on ouvre une trouée dans la forêt dense; on trouve alors des graines en quantité dans le sol forestier. AUBRÉVILLE assure que les graines ayant une très grande longévité, seraient conservées depuis très longtemps dans le sol. En réalité, cette forêt de la Mamba, où il a fait l'observation, est secondaire et les graines ne devaient être dans le sol que depuis quelques années. Une trouée faite dans une forêt primaire, loin d'un peuplement de *Musanga* n'aurait rien donné d'analogue. En forêt primaire, les *Musanga* n'existent, en effet, que dans les emplacements marécageux. Après le défrichement, les animaux et même le ruissellement de l'eau à la surface du sol de la forêt après des pluies abondantes, suffisent pour apporter sur les places libres les semences de ce curieux végétal. Quant au Palmier à huile, effectivement je ne l'ai jamais vu en pleine forêt primaire. Sa station naturelle est bien, comme je l'ai indiqué depuis longtemps, le bord des eaux et les îles basses des grands fleuves comme le Congo. L'homme s'est chargé de porter ce Palmier partout où il défrichait, afin d'avoir de l'huile pour la préparation de ses aliments. Les grands peuplements d'*Elaeis*, prétendus naturels, constituent bien une sorte de protoculture et sont la propriété d'individus, de villages ou de tribus. Ils ne subsistent que parce que le peuplement est plus ou moins récent et qu'on l'entretient plus ou moins.

Enfin, comme le remarque AUBRÉVILLE, on trouve souvent dans la forêt secondaire les reliquats de la forêt primaire défrichée, soit sous forme de rejets de souche, ou de jeunes plants ou d'arbres que les indigènes n'ont pu abattre à cause de la dureté du bois ou parce qu'ils donnent des produits utiles.

Les trois phases d'évolution de la forêt secondaire signalées par l'Auteur sont les suivantes :

1° Peu après l'abandon de la culture, après deux ou trois années d'exploitation, on voit apparaître des plantes herbacées, des lianes, des espèces arbustives ou arborescentes, en particulier le *Parasolier*, des lianes héliophiles, des espèces arbustives de la forêt primaire. enfin des arbres spéciaux à croissance rapide et étalant de suite leurs rameaux à la lumière vive.

« En une dizaine d'années, les espèces héliophiles typiques de la brousse secondaire s'élèvent rapidement à leur taille maximum : 15 à 20 m., quelquefois plus; c'est ce qu'on peut considérer comme l'état final de la première phase. »

2° Les premières espèces arborescentes ont atteint leur plafond et dépériront peu à peu pour finalement succomber ou s'étioler, dépassées par un deuxième groupe d'espèces encore héliophiles à bois souvent tendre ou demi-dur. Ces essences vont dépasser les premières et les surcimer. « Ce sont de grands arbres qui s'élèveront à 30 ou 40 m. de haut ou plus; ce sont encore des essences de forêt secondaire, caractérisées par leur fréquence dans celle-ci et, au contraire, par leur raréfaction dans les véritables forêts primaires, puis par leur tempérament d'essences héliophiles à croissance rapide. » Elles produisent souvent des graines ou des fruits ailés. Sous leur ombre existent les arbres de la première catégorie, quand ils ont survécu, et les arbustes et lianes qui ont reconstitué un sous-bois.

3° Quand les espèces de la première phase ont disparu (mais elles ne disparaissent pas toutes); quand celles de la deuxième catégorie ont atteint tout leur développement et sont devenues de grands arbres, on voit émerger du sous-bois les arbres à bois dur caractéristiques de la forêt primaire. Après de nombreuses années, elles vont dominer toutes les essences caractéristiques de la forêt secondaire. Le cycle de l'évolution est alors fermé. La forêt secondaire tend à reconstituer la forêt primaire à condition qu'il ait subsisté des semenciers à proximité du défrichement primitif.

Cette évolution demande certainement plusieurs siècles (1).

(1) Je cite souvent l'observation que j'ai faite à Ankor Vat, au Cambodge, il y a trente ans : les ruines de cette cité détruite il y a cinq ou six siècles sont ensevelies sous une forêt secondaire très vieille, mais qui n'a pas encore les caractères d'une forêt primitive (Note de A. Ch.).

Très souvent l'homme revient cultiver le même emplacement avant que la forêt secondaire ait grandi. Il la défriche au bout de vingt à trente ans, alors qu'elle a à peine atteint le début de la deuxième phase.

4° Mais il peut survenir une régression catastrophique. Si le défrichement est très fréquent et se fait par le feu, si les souches émettant des rejets disparaissent, si le ravinement à la saison des pluies s'en mêle, il ne se reconstituera plus qu'une brousse basse de savane, mêlée d'herbes. Le feu de brousse interviendra à son tour et à la forêt se substituera une savane. Le sol se dégradera aussi et il se produira en profondeur des concrétions ferrugineuses. Cette régression peut se produire non seulement sur les lisières N et S de la forêt dense, mais même parfois en plein milieu de cette forêt très vulnérable. Alors apparaîtront dans la forêt des îlots peuplés de Marantacées ou de grandes Graminées (*Imperata*, Herbe à Eléphant, etc.) et dans les endroits marécageux les hautes Cypéracées, les Aroïdées et Cypéracées aquatiques remplaceront les arbres. La forêt pourra peut-être réapparaître un jour, mais pas de sitôt. Ces taches à travers la forêt quand elles ne sont pas sur sol marécageux, demeurent stériles pour longtemps et il est rare que les indigènes s'aventurent à les cultiver. Ils préfèrent défricher un coin de forêt, bien que le travail de défrichement soit pénible.

Le mémoire de M. AUBRÉVILLE se termine par un vœu auquel nous nous rallions volontiers. Il propose que l'on crée des plantations expérimentales des principales essences de la forêt dense (il n'en retient que 50 au total). Une dizaine d'hectares par espèce suffirait. On pourrait ainsi étudier sa biologie, les taux d'accroissement des arbres et des peuplements. On arriverait ainsi à connaître la forêt africaine bien mieux que par des observations faites dans la nature « en présence d'une végétation spontanée où nous ignorons à peu près tout des circonstances et des conditions ».

Toutefois, nous avons encore beaucoup à apprendre de l'examen scientifique de cette végétation spontanée. A côté de l'étude de la biologie des animaux ébauchée par PAULIAN, il y a celle du comportement de tous les végétaux les uns vis-à-vis des autres et vis-à-vis des sols et des microclimats. Par tous végétaux, j'entends non seulement les arbres et arbustes examinés par M. AUBRÉVILLE, mais aussi toutes les lianes, les plantes herbacées, les épiphytes, les parasites, les champignons du sol ou des bois pourrissants, tout ce qui forme les communautés d'espèces végétales. Alors on verrait sans doute que le hasard n'est pas tout. Dans la forêt dense tropicale, il y a aussi sans doute des associations végétales comme il en existe dans les forêts de plaines des pays tempérés, mais ces associations sont beaucoup plus complexes que dans nos pays. Il y existe aussi des séries évolutives et d'autres qui sont régressives. Bien que les Noirs

de la forêt n'aient pas de littérature écrite, bien que leurs connaissances soient profondément empiriques, ils savent sur la forêt quantité de choses qui nous échappent encore. C'est parce qu'ils la connaissent mieux que nous qu'ils la ménageaient quand ils défrichaient par petites parcelles à peine visibles avant notre arrivée. Ils lui faisaient rendre tout ce qui était nécessaire à leur existence (nourriture et textiles, car ils se vêtaient d'écorces d'arbres : divers *Ficus* et *Antiaris africana*) et ils ne l'appauvrissaient pas. C'est depuis quarante ans seulement qu'elle est en forte régression et qu'elle décline partout où sont installés Noirs ou colons. Pierre GOUROU citant dans son livre *Les Pays tropicaux*, p. 160, W. H. BECKETT, rapporte qu'à la Gold Coast, contiguë à la Côte d'Ivoire, on redoute déjà la disparition totale de la forêt par suite de son exploitation maladroite et irrationnelle. La forêt, il y a cinquante ans, couvrait encore des territoires immenses dans ce pays, mais pour y cultiver le Cacaoyer, on a défriché au delà de toutes limites. En 1938, il ne restait plus que 35.000 kilomètres carrés de forêt; comme on en détruit 725 par an, il est permis de penser qu'il n'y aura plus dans une cinquantaine d'années un seul hectare de forêt subsistant. La même destruction totale menace la Côte d'Ivoire.

DEGRADATION, PLANTATIONS ET AMENAGEMENT DE LA FORET DENSE.

Dans toutes les régions tropicales où il tombe environ 2 m. d'eau par an et où les saisons sèches sont de courte durée et les vents peu violents, la vocation de la végétation est la haute forêt dense. Si elle n'existe pas de nos jours en divers pays ayant ces conditions climatiques (par exemple au Fouta-Djalon, dans certaines parties du bassin du Congo), c'est que l'homme l'a fait disparaître par des défrichements mal compris ou des feux de brousse. Cette régression est sans doute assez récente, car l'homme n'a pu pénétrer pleinement que quand il a eu des outils de fer. Rares sont les lieux où malgré les conditions climatiques favorables et sans l'intervention de l'homme, la grande forêt est absente : ces lieux sont ou des alluvions récentes non encore peuplées d'arbres (savanes littorales ou alluvions fluviales) ou encore des collines ou des mamelons sur lesquels la roche affleure (Mont Niénokué dans le Moyen Cavally) et qui ne se prêtent pas à l'emboisement. C'est en faisant ses plantations vivrières à travers la forêt ou sur les lisières que l'homme l'a dégradée et transformée en forêt secondaire ou même en savane. Comme conséquence, le sol forestier s'est également dégradé. Des concrétions ferrugineuses dans la terre, ou même parfois des carapaces de latérite sénile ou des grenailles ferrugineuses se sont formées sur l'emplacement de la forêt quand le sol a perdu sa couche protectrice d'humus. Comme l'écrit avec talent P. GUINIER dans le volume *Technique forestière :* « La forêt agit puissamment sur le sol. De la

nature et de la densité des essences qui la constituent dépend la composition et la quantité de la couverture morte qui s'accumule sur le sol. Les particularités de l'humus formé sont imposées par les essences qui ont fourni cette couverture et par les conditions de température et d'humidité assurées par le climat forestier. La forêt façonne le sol qui la porte et tout changement dans le peuplement entraîne des modifications dans le sol. » Cela est aussi vrai pour les contrées tropicales que pour les pays tempérés.

Sous la forêt primaire couvrant les plaines ou les collines, on trouve un sol plus ou moins latéritisé et profond, avec 10 cm. environ d'humus doux à la surface et au-dessous une couche rouge ou brun clair à structure grumeleuse dans laquelle les racines des arbres peuvent s'enfoncer. La vocation est forestière. Là où il y a des dépressions, un terreau noir plus ou moins profond s'est accumulé; l'humus, s'il existe, est acide. Sur la forêt secondaire, à ses débuts, il n'y a pas encore d'humus et les couches A et B sont lessivées; parfois il s'est formé déjà des concrétions en profondeur.

A ces divers sols correspondent des associations différentes et la plupart de ces associations (sauf sur forêt primaire) ne sont pas statiques, mais elles évoluent, elles subissent l'action de l'homme et parfois aussi celle du climat. Plusieurs années de sécheresse consécutives peuvent assécher en partie des dépressions et faire disparaître certaines espèces.

On peut donc définir la forêt dense tropicale comme une mosaïque de forêts variées de différents âges et établies sur différents sols, s'engrenant les unes dans les autres, les taches de forêt primaire occupant ordinairement les places impropres à la culture ou les moins fertiles, ou les plus dégradées. Cette forêt se tient tant bien que mal en équilibre tant que le climat reste assez stable et que l'homme ne pratique que des défrichements modérés. Nous considérons comme tels ceux que faisaient les indigènes avant notre arrivée : défrichements faits en conservant l'ombrage de quelques grands arbres, culture des plantes en mélange, formant une couverture ininterrompue à la surface du sol. Quand la terre était fatiguée, on allait plus loin; la forêt secondaire réoccupait aussitôt le sol abandonné et on ne revenait au même emplacement que vingt ou trente ans après et parfois après un plus long repos. Nous avons vu, de 1905 à 1910, des cultures revenir sur des terrains qui n'avaient plus été cultivés depuis deux ou trois générations. Cette technique ménageait la forêt et on avait l'impression qu'elle était partout vierge, sauf autour des villages où n'existaient que de très petites plantations. La venue des Européens et la nécessité de produire pour exporter a modifié tout cela. Quand on survole le pays en avion, on aperçoit à travers la forêt devenue secondaire, sur de vastes espaces, de grandes taches de plantations de Cacaoyers, de Caféiers, de Palmiers, de Bananiers

parfois même de cultures vivrières (Manioc, Ignames, Taros), non ou à peine ombragées. Lorsque ces plantations seront épuisées (et cela arrive rapidement sur des sols non fumés) une forêt secondaire maigre et pauvre, parfois exposée aux feux de brousse en prendra la place. Ainsi se forment les places dégradées et les taches de savanes en forêt ou sur les lisières. On assiste à la dégradation de la forêt. Le sol s'acidifie par endroits, ailleurs il s'assèche ou il s'achemine rapidement vers la bovalisation, c'est-à-dire la stérilité et la ruine.

Comment empêcher cette évolution régressive ? Il faut rationaliser la culture en forêt. A défaut de meilleures méthodes, il faut revenir aux techniques anciennes. Il serait possible, sans doute, de créer dans les vallées, des champs irrigués que l'on pourrait cultiver en permanence en rizières ou en pratiquant des assolements judicieux. Tout cela est à mettre au point. L'introduction de bétail résistant aux trypanosomiases et donnant de l'engrais aurait aussi des effets heureux. Cet aménagement demande un examen sérieux. Comme l'écrivait récemment J.-P. HARROY dans *Terre qui meurt*, p. 530 :

« Là où une politique de mise en valeur a suscité un accroissement dangereux de la production agricole indigène, un examen loyal et approfondi du problème pourrait, par exemple, faire conclure qu'à défaut d'une amélioration notable et rapide des modes d'exploitation, une forme de retour en arrière s'imposerait par endroits, dans le cadre des exigences financières et économiques de l'heure. » Sinon le processus régressif de la végétation, des sols, de la fertilité des terres qui sévit déjà intensément, comme le montre la décadence de certaines cultures, ira encore en s'intensifiant.

Il faut enfin se préoccuper d'aménager la forêt tropicale pour la rendre plus productive en bois exploitables. Il faut mettre en réserve intangible une grande partie de la forêt non encore défrichée et reconstituer celle-ci sur les emplacements où le sol est fatigué et ne donne plus que de très médiocres récoltes en cacao, en café ou en produits vivriers. Dans la notice que nous avons analysée, AUBRÉVILLE donne des conseils judicieux. Il pense que l'on pourra peut-être exploiter un jour les brousses secondaires rationnellement aménagées pour la production de la cellulose. Le rendement serait de 165 à 250 stères pour un peuplement de 10 à 15 ans. L'irrégularité de la répartition qualitative et quantitative du matériel ligneux dans la forêt secondaire est très gênante pour établir des prévisions de production. Il n'est même pas possible de déterminer avec un degré d'approximation acceptable quelle est actuellement la composition moyenne de la forêt secondaire d'une région. Dans l'état actuel de nos connaissances, on ne peut compter sur la stabilité qualitative de la forêt secondaire, c'est-à-dire qu'on n'est pas sûr en exploitant

aujourd'hui une forêt qu'on retrouvera la même composition dix ou vingt ans plus tard, au prochain passage de l'exploitation.

Il faut retenir cependant, conclut AUBRÉVILLE, que des éléments de choix existent dans cette forêt comme producteurs de cellulose. S'il était possible de les multiplier par des procédés simples et peu coûteux, la solution que nous cherchons serait peut-être au bout de cette voie. Mais chaque espèce doit être étudiée en particulier et ce travail ne semble pas encore commencé. Il demande de la compétence et beaucoup d'esprit de suite.

Notre ignorance est tout aussi grande en ce qui concerne le mode de développement, le tempérament, la régénération des arbres les plus précieux de la forêt dense africaine, qu'il s'agisse de l'Okoumé, de l'Acajou, de l'Iroko, du Limbo, de quantité d'autres grands arbres et même des essences à bois dur; nous ne savons même pas comment utiliser la plupart d'entre eux.

La forêt tropicale africaine a été exploitée jusqu'à présent empiriquement. Nous avons péché par ignorance; nos administrateurs ont été souvent des guides bien intentionnés mais plus empiriques encore que les Noirs. L'agriculture irrationnelle qui s'est pratiquée à travers la forêt tropicale a conduit à l'appauvrissement rapide des pays chauds et à l'acheminement vers la disparition plus ou moins proche de la forêt et de ses richesses. La forêt primaire, telle que la nature l'a constituée, est seule conservatrice des sols. L'emplacement de la forêt secondaire ne devrait être utilisé pour des cultures que si celles-ci sont faites suivant des méthodes intensives et rationnelles. Mais sur les sols déjà médiocres, il est encore préférable de renoncer à l'agriculture et d'y faire de la sylviculture raisonnée, de manière à obtenir le maximum de rendement des essences économiquement les plus intéressantes, d'organiser leur exploitation rationnelle et de réaliser leur régénération

Désormais dans les pays d'outre-Mer, à agriculture et sylviculture encore arriérées, le rôle de direction de l'Européen devra être réservé de plus en plus exclusivement à des techniciens d'une vaste culture générale, recevant des avis particuliers de spécialistes et de chercheurs de diverses disciplines. Leur mission sera de coordonner les apports de chacun en estimant à leur juste valeur leur importance particulière. Ils devront être les conseillers avertis et les éducateurs des Africains.

Un invraisemblable gaspillage de biens se pratique depuis près de cinquante ans à travers les forêts de l'Afrique tropicale. Il serait grand temps que l'activité européenne soit orientée dans un sens mieux en harmonie avec les intérêts des collectivités humaines.

A propos des savanes côtières de l'Ouest africain

par

H. JACQUES-FELIX,
Maître de Recherches (S. T. A. T.)

Plusieurs des rapporteurs français à la Conférence de Goma signalent l'existence de savanes herbeuses qui s'interposent entre le littoral et la forêt dense (Anonyme pour la Côte d'Ivoire, Franzini pour le Gabon, Jacques-Félix pour le Cameroun).

Les deux premiers Auteurs font remonter l'origine anthropique de ces savanes à l'époque esclavagiste : « Un déboisement intensif aurait été nécessaire pour la surveillance des camps de concentration et pour les cultures vivrières indispensables à l'alimentation, vraisemblablement à base de manioc, des malheureux rassemblés en vue de leur embarquement ».

Je reconnais aussi aux savanes côtières du Cameroun, relativement restreintes d'ailleurs, un caractère nettement secondaire; et si je n'ai pas recueilli sur leur origine des renseignements de même nature que ceux qui ont été fournis ailleurs, c'est peut-être tout simplement parce que je n'ai pas enquêté dans ce sens.

Je ne crois pas cependant que cette explication soit valable pour tous les cas.

J'ajouterai tout d'abord, à l'appui de l'opinion qui veut qu'autrefois ces régions étaient plus peuplées qu'aujourd'hui, qu'elles n'ont pas été uniquement le siège du trafic des esclaves.

Postérieurement à l'esclavagisme, le régime des Comptoirs a continué de cristalliser, jusqu'à l'occupation systématique du Continent, une certaine population vivant de troc autour de nombreux points d'embarquement.

Enfin, une population strictement agraire, après s'être accrue normalement sur place, a pu être amenée à fuir un sol ruiné par elle.

Pourquoi alors la localisation de ces savanes égrenées en chapelet le long de la côte ?

Si l'on reporte la carte de la végétation sur la carte géologique, on s'aperçoit que toutes ces savanes côtières, et Franzini le souligne pour le Gabon, sont installées sur la frange des dépôts marins ou sublittoraux d'âge récent, ou tertiaire, ou crétacé.

Il y a donc toutes raisons d'admettre que si l'intervention anthropique est indéniable dans la genèse de la savane, elle n'est que

d'importance secondaire et n'a fait que s'exercer sur un milieu où le facteur édaphique est déterminant.

Les sols qui se sont développés à partir de ces formations géologiques sont presque toujours pauvres en bases et en colloïdes argileux. Ils ont pu s'enrichir en colloïdes humiques et en azote à la suite d'une lente colonisation végétale et fournir des sols agricoles appréciés en raison de leur légèreté et de la facilité avec laquelle ils se travaillent.

Mais la fertilité est en rapport avec de tels sols comme un corps actif l'est avec l'excipient auquel on l'a mélangé.

Epuisée par les récoltes et par un lessivage que favorisent la perméabilité des sols et les fortes pluies, elle ne peut se renouveler à partir des éléments de la roche-mère minéralogiquement stériles.

C'est alors que se produit le règne de l'*Imperata* rendu durable par les incendies.

Seule une végétation ligneuse modérément exploitée pourrait reconstituer la fertilité de ces terrains, ainsi d'ailleurs qu'on peut l'observer quand les feux d'herbe laissent quelque répit aux pionniers qui sont fréquemment des espèces introduites à grand pouvoir colonisateur comme le *Lantana*, le *Goyavier* et aussi des espèces locales de lumière comme le Palmier à huile et le *Lophira alata*, etc.

Ces sols ne sont d'ailleurs pas toujours recouverts de savanes et quand la végétation primaire, ou très ancienne, en a été épargnée par les défrichements, elle confirme la prédominance édaphique du milieu écologique. Ce sont des forêts physionomiquement et floristiquement distinctes des formations de l'intérieur comme celles signalées par Aubréville pour les dépôts marins récents du Gabon.

D'autres formations herbeuses également fréquentes dans les régions côtières où elles font suite au front de la mangrove sur les alluvions fluviatiles actuelles n'ont pas la même signification. Elles sont secondaires aussi et strictement anthropiques car le sol n'en est pas encore dégradé. Elles portent souvent une importante population agraire actuelle (estuaire du Niger) et n'entrent pas dans cette discussion.

En résumé, ces savanes côtières, durables mais non irréversibles, ont été provoquées et maintenues par l'exploitation de terrains sédimentaires sans vocation agricole.

Ce sont des formations anthropo-édaphiques.

Elles montrent que les conséquences de l'occupation humaine, pour une même intensité de celle-ci, varient selon les autres conditions du milieu. Ces conditions, édaphiques, topographiques ou climatiques, par leur fonction isolée ou réciproque, sont parfois telles qu'elles rendent incompatibles l'exploitation du sol et sa conservation.

C'est cette thèse que j'essaie de défendre plus longuement dans mon rapport sur le Cameroun et c'est pour cette raison que j'ai repris ici et souligné l'exemple des savanes côtières qui m'a paru en être une excellente confirmation.

Les plantes indicatrices du niveau de fertilité du complexe cultural édapho-climatique en Afrique tropicale

par

Roland PORTÈRES

Indicatrices préculturales et restauratrices du milieu

Chaque plante cultivée requiert une qualité de sol définie dans un environnement climatique et biotique déterminé.

Un test précultural est souvent fourni par la présence-fréquence de plantes ou associations de plantes croissant sur les terres.

Le cultivateur africain voit bien les associations mais il ne les analyse pas. Il rapporte le degré de qualité d'un sol en vue d'une culture ou d'une succession culturale déterminée à la fréquence d'une plante, rarement de plusieurs. Dans une petite région, cela suffit; ce qu'il faut c'est ne pas généraliser le test indicateur, surtout quand on change de climat (remplacement des facteurs).

SOLS FORESTIERS

Dans la zone cacaoyère de Gold Coast et de Côte d'Ivoire (Pays Agni), les plantes indicatrices reconnues pour les bons terrains sont particulièrement :

Hilleria latifola H. Walt (Phytolaccaceae). — C'est une herbacée de 1 m. de hauteur, d'origine américaine, commune dans les bons terrains à cacaoyers. Ainsi naturalisée dans les plantations, les Agnis la nomment la « Mère du Cacao ».

Trema guineensis (Ficalho) (Ulmaceae) ou Micocoulier de la Côte de Guinée, est un petit arbre caractéristique des clairières forestières de peu d'étendue, à sol un peu lourd et riche en matières organiques sur lequel il constitue des peuplements purs. Ceux-ci s'opposent nettement aux peuplements de Parasolier (*Musanga Smithi* R. Br.) réalisés de la même façon sur défrichement forestier, mais sur des terres moins riches pouvant convenir cependant à la culture des races de

Coffea canephora. Un autre groupement végétal mais plus sclérophylle est celui que constitue *Harungana madagascariensis* Lam. et qui traduit l'existence d'un complexe édapho-climatique ne convenant plus aux Caféiers. Les peuplements d'*Harungana* indiquent plus généralement sous climat à saison sèche de 3-4 mois un sol épuisé par de longs cycles de successions culturales longues avec jachères semi-ligneuses brèves.

Momordica foetida Schum et Thonn. est une petite cucurbitacée rampante des brûlis forestiers abondants. Elle domine généralement sur les brûlis des clairières à *Trema guineensis*. Le milieu riche en K^2O paraît lui convenir et *T. guineensis* est connu comme renfermant cet élément fertilisant en grande quantité.

Spathodea campanulata Beauv. (Bignoniaceae) ou Tulipier du Gabon caractérise des terres humifères légères dans les vieilles recrues forestières ou bien colonise la frange bordière de la forêt. C'est surtout une essence des vieilles forêts de reconstitution et elle attire à ce point de vue l'attention du cultivateur en quête de nouveaux terrains à défricher bien qu'ils ne soient pas capables de supporter une succession culturale encombrée et longue.

Aframomum Danielli K. Sch. (Zingiberaceae) se rencontre en abondance dans les bons sols humifères légers mais de dégradation très rapide dès que mis à nu.

SOLS DES SAVANES GUINEO-SOUDANIENNES ET SENEGALIENNES

Au Sénégal, et plus particulièrement dans le Cayor, on considère que la petite Rubiacée *Borreria Ruelliae* Hutch. et Dalz. caractérise en peuplements les sols à Arachide très dégradés tandis que ceux où commence à pulluler *Cassia occidentalis* L. restaurent leur fertilité. Il suffit d'une jachère d'un an à base de cette dernière plante pour recommencer une succession culturale, alors qu'il faut normalement 3 à 4 ans sans son concours Dans la zone soudanaise et guinéenne *Cassia Tora* L. joue le même rôle.

Les sols à Cram-Cram (*Cenchrus biflorus*) sont encore de bonne qualité dans les zones sèches du Sénégal pour la Penicillaire et l'Arachide, pour la Penicillaire au Soudan occidental et central.

L'importance indicatrice des peuplements de *Bauhinia reticulata* DC. entre les isohyètes 400 et 700 mm. est notée comme favorable à la culture du Mil Penicillaire au Soudan Central.

Depuis très longtemps est reconnue aussi l'espèce souvent protégée qu'est *Faidherbia (Acacia) albida* A. Chev. comme restaurateur merveilleux de la fertilité des sols usés. Cet arbre perd ses feuilles en saison des pluies et possède une belle frondaison en saison sèche. A son voisinage, les Mils et autres plantes sont toujours de grande vigueur. Ses feuilles et ses gousses sont exploitées en saison sèche pour l'alimentation des troupeaux domestiques. N'ombrageant pas en saison

des pluies, il est facilement laissé dans les champs sans gêner les cultures. L'extension culturale vers les terres neuves (très longue jachère) recherche toujours d'abord les boisements à *Faidherbia*. Au Niger Français, cette espèce a été l'objet d'un classement de protection officielle. La reconstitution des peuplements autour de Niamey, de Kolo, etc., a complètement transformé le paysage et a permis de maintenir la culture du Mil Penicillaire sur les terres légères de la rive gauche du fleuve. On peut en conserver 50 pieds à l'hectare dans les cultures.

Du Sénégal au Tchad, *Faidherbia* affectionne surtout les terrains légers.

En beaucoup de points du Sénégal et du Soudan, le besoin en bois de chauffage fait disparaître petit à petit les peuplements de *Faidherbia* et même les individus isolés, toujours coupés rez-terre.

Or, dans la majorité des terrains sableux, *Faidherbia* est surtout associé à *Guiera senegalensis* Lam. (Combretaceae) ou « N'Guier » des Wolofs avec, en cortège accompagnateur : *Acacia Sieberiana* DC., *Tamarindus indica* L., *Combretum micranthum* C, Don ou « Kinkeliba », etc.

Combretum micranthum est connu dans tout le Soudan Occidental comme un arbuste grégaire des cuirasses latéritiques visibles ou non, et c'est le caractère de sécheresse et de chaleur du sol sableux sénégalais qui le fait apparaître en abondance. Dans les deux régions, il ne caractérise pas les bons sols quand il est trop fréquent. Dans les terrains à fertilité convenable, il se groupe plutôt sur les mauvaises « taches » de sol.

La coupe abusive du *Faidherbia albida* donne lieu à des substitutions de paysages quand on pense à la jachère longue. C'est le peuplement de reconstitution plus rapide de *Guiera senegalensis* qui domine dans le paysage indicateur. Le peniclimax à *Faidherbia albida* subsiste toujours mais sans cette espèce, simplement par sa compagne fidèle — le groupement *N'Guier* est un peniclimax de substitution.

Sur une terre en rejuvénation par le « N'Guier » on peut sans discontinuer faire cinq à six campagnes d'Arachides.

Les Scrophulariacées parasites paraissent présenter une très grande importance pour juger de l'état de dégradation du sol.

Striga gesnerioides Vatke (*S. orobanchoides* Benth. se rencontre dans toute l'Afrique intertropicale, l'Afrique du Sud et de l'Arabie à la Péninsule Hindoustanienne et jusqu'en Australie. Dans l'Est-Africain on l'a signalé comme attaquant les genres *Indigofera*, *Dalbergia*, *Commiphora* et l'espèce *Cissus quadrangularis* L. En Afrique du Sud les mêmes genres, puis *Sansevieria*, *Balsamea* et toujours *Cissus quadrangularis* L., *Ipomoea filicaulis* et *Euphorbia abyssinica* sont aussi cités vers l'Ethiopie.

Dans l'Ouest-Africain son parasitisme est maintenant reconnu sur les légumineuses : *Indigofera* ssp, *Vigna pubigera* Bak, *V. unguiculata* Walp (spontané), *Tephrosia* ssp, *Dalbergia* ssp, *Eriosema cajanoides*

Hook. f. sur *Euphorbia* ssp. *Cissus quadrangularis* L. *Sansevieria senegambica* Bak. *Ipomoea repens*. Beaucoup de Graminées sauvages l'hébergent, particulièrement : *Panicum maximum* Jacq. (Herbe de Guinée), *Echinochloa colona* Link. *Panicum laetum* (le « Paguiri » des ramasseurs de céréales sauvages), *Roetboellia exaltata* L. f., *Brachiaria* sp., *Paspalum scrobiculatum* L. avec ses deux variétés *Commersonii* Stapf et *polystachyum* Stapf, et beaucoup d'Andropogonées des genres *Andropogon*, *Cymbopogon*, *Hyparrhenia*, etc.

Dans les terrains submergés par une lame d'eau de l'ordre de 10 cms, *Striga gesnerioides* ne se développe pas. Ainsi, il attaquera *Ipomoea repens* Lam. (toxique pour le bétail) qui croît•en dehors de l'eau et délaissera *Impomoea reptans* Poir. (parfois épinard de ramassage et même quelque peu protocultivée chez les Tomas de la Guinée française forestière) qui croît dans l'eau dans la zone soudanaise. Les graminées comme *Vossia cuspidata* Griff., *Echinochloa stagnina* P. Beauv. (le « Bourgou ») qui constituent indépendamment l'une de l'autre des prairies aquatiques, ne sont pas parasitées; non plus les rizières naturelles édifiées par l'espèce rhizomateuse et vivace *Oryza Barthii* A. Chev., lorsqu'elles sont un peu profondes.

Par contre, les vieilles rizières cultivées (*O. glaberrima* Steudel) sont atteintes et comme elles sont envahies, une fois dégradées édaphiquement, par *O. Barthii*, cette dernière se voit attaquée

Sur toutes les rizières de culture à très faible lame d'eau et à sols usés, *St. gesnerioides* se fait sentir; mais dans les rizières semi-flottantes ou flottantes (*O. glaberrima*), donc à forte lame d'eau, le parasite n'apparaît pas.

Dans les mauvaises cultures de Sorgho, de Penicillaire et de Maïs, on le rencontre souvent.

Striga Barteri Engl. attaque aussi beaucoup de graminées sauvages du Haut-Sénégal au Lac Tchad et au Chari et on la connaît sur les rizières dégradées, en cultures de bas-fonds fangeux comme en cultures pluviales.

St. Rowlandi Engl. se voit sur beaucoup de Graminées spontanées de l'Ouest-Africain.

St. brachycalyx Skam. est connue sur le Sorgho au Togo, au Dahomey et en Nigeria ainsi que sur graminées sauvages.

St. aspera Benth. var. *Schweinfurthii* Skam. est signalé parasitant le Sorgho du type « Durra » au Kordofan et Haut-Nil Blanc.

St. lutea Lour. (=*St. hirsuta* Benth.) attaque à la Réunion le maïs et la canne à sucre. Elle est plus fréquente dans les années sèches et pullule dans les plantations fatiguées, surtout au bord des halliers. Le maïs semble plus sensible que la canne à sucre. A l'Ile Maurice, les ravages peuvent être aussi considérables sur la canne à sucre. Au Natal, on la considère comme une « peste » du Sorgho.

St. hermontica Benth. et sa forme à petites fleurs *St. senegalensis* Benth. parasitent dans l'Ouest-Africain le Sorgho, la Penicillaire,

le Riz, le Maïs, le Fonio, les Cucurbitacées. Dans les rizières de culture pluviale de toute la zone guinéenne, il devient très commun sur les sols appauvris d'ailleurs généralement couverts de races très rustiques d'*Oryza glaberrima*. Dans le Haut-Oubangui, les rizières de cette sorte établies (*O. sativa* L.) sur l'emplacement d'anciens champs de Sorgho sont très parasitées surtout dans les années de sécheresse.

Les cultures sur hautes terres de Fonio (*Digitaria exilis* Stapf) peuvent en être couvertes, de Bobo-Dioulasso à Kankan et à Kissidougou, à chaque fois que le sol ne permet plus de continuer cette production.

Les *Strigas* ne sont que des parasites facultatifs et vivent facilement en autotrophie. Elles sont extrêmement sensibles à la déficience ou à la robustesse des plantes capables de leur servir d'hôtes. Or, la vigueur de ces plantes cultivées ne fait que traduire la qualité du complexe cultural édapho-climatique. Les attaques sur Penicillaire, Sorgho, Maïs, Riz, Fonio, etc. ne s'observent que sur les cultures maigres. Ce n'est pas le pullulement du *Striga* qui détermine l'affaiblissement de la culture mais c'est l'état déficient de celle-ci qui provoque l'extension du parasite.

L'état de dégradation du complexe cité favorable au parasitisme est imputable à diverses causes : sécheresse, déséquilibre ou usure du sol, carences alimentaires, mauvais travaux de culture ou leur absence, surcharge du matériel cultivé (overcropping), etc.

Dans les terres à Arachides et Mils du Sénégal, une jachère de 3-4 années restaure suffisamment le sol pour que la remise en culture ne soit pas compromise par le parasite comme en fin de la succession culturale alternée précédente. La culture pendant une année du *Cassia occidentalis* permet de supprimer l'infestation du Champ pour le Sorgho et la Penicillaire. Il en est de même du parcage du bétail dans la seule saison sèche qui sépare deux cultures de ces céréales.

Sur le Niger inférieur, dans les régions de Tillabery et Niamey, le *Striga* pullule sur les sols épuisés où végète le Mil Penicillaire. Le reboisement en *Faidherbia albica* sur les champs qui continuent à être cultivés fait disparaître le *Striga* et maintient la culture du Penicillaire. Autrement, l'apport *devenu coutumier* d'une calebasse de fumier de chèvre à chaque touffe de Mil empêche le parasitisme ou enraye son extension s'il avait déjà débuté.

Au Soudan Oriental, dans le Kordofan, le Penicillaire n'est pas attaqué aussi rapidement que le Sorgho Durra; il se montre plus résistant à la sécheresse, s'accommode mieux des sols légers; il croît donc avec un niveau de fertilité de l'environnement qui peut être beaucoup plus faible que celui nécessaire au Durra. Sur un même terrain, il ne sera parasité par rapport à ce dernier, que dans le cas d'une dégradation du sol plus poussée ou d'une sécheresse beaucoup plus accentuée.

Du Sénégal au Tchad, les successions culturales se terminent fréquemment par une culture ou une protoculture de Courges; *St-hermontica* s'y observe fréquemment sur ces sols usés et sur cette culture de fin des pluies aux prises avec la sécheresse.

En résumé, on doit considérer les *Striga's* comme des parasites facultatifs de plantes cultivées ne croissant pas optimalement par suite d'une altération du complexe cultural édapho-climatique.

Ce fait présente une très grande importance dans les agricultures primitives de l'Afrique tropicale parce que le cultivateur abandonne le terrain à la jachère quand la productivité du champ lui paraît compromise; et très généralement il rompt sa succession culturale non pas quand il y a pullulation du parasite mais seulement quand il apparaît.

L'apparition du *Striga* paraît coïncider avec le moment où la culture n'est plus rentable. Mais ce moment n'est pas le même pour toutes les plantes cultivées, suivant leur accommodation heureuse à tel ou tel niveau de fertilité du complexe cultural édapho-climatique.

Dans les successions culturales anarchiques si fréquentes au-dessous de l'isohyète de 1,000 mm., la culture répétée de la même plante s'arrête pour passer à une autre moins exigeante jusqu'à temps, comme pour la précédente, que la production ne soit plus considérée comme économique.

Le *Striga* est utilisable comme test indicateur du moment où la succession change de plante, du moment où il faut quitter le Sorgho pour passer à la Penicillaire hâtive, puis de ce dernier à la Penicillaire tardive, pour enfin rompre la succession culturale et passer en jachère.

Striga hermontica Benth. est signalé par W. L. Watt (1936) comme extrêmement commun au Kenya, dans la Province de Nyanza, parasitant les cultures de céréales : Sorgho, Eleusine, Maïs, Canne à sucre, par ordre d'importance. On le trouve aussi en Uganda dans les mêmes conditions. Les règlements phytosanitaires locaux astreignent les cultivateurs à procéder à l'arrachage de ce parasite (amende de 25 sh. en 1936 aux contrevenants). On estime la perte de grains de céréales à environ 90 kg. par famille et par an.

La majorité des cultivateurs traitent les mêmes parcelles de terrain d'une façon continue et la durée de jachère herbacée sauvage n'est pas suffisante pour éliminer le *Striga*. Watt propose une série de moyens de lutte : culture en lignes pour permettre un arrachage facile du parasite, recherche de lignées de céréales résistantes, emploi de variétés hâtives, cultures intercalaires ou en association tardive de Légumineuses (*Dolichos lablab, D. biflorus, Phaseolus acutifolius*), sarclages sélectifs pour maintenir et étendre l'Herbe de Mc Donald (*Galinsoga parviflora* Cav.). Pour cette espèce, Watt trouve qu'elle est la meilleure plante adventice pour le but à atteindre parce qu'elle pousse très rapidement et forme une couverture dense sur le sol. Il note ne pas avoir rencontré de *Striga* dans les terres à *Galinsoga*.

Celles-ci peuvent être cultivées au moins deux fois dans les premiers stades de la céréale. Sa culture est à conduire en rangées ou séries alternes de rangées là où l'on ne risque pas d'enlèvement du sol par les fortes pluies.

Nous verrons plus loin que *Galinsoga parviflora* caractérise en peuplements les très bons sols cultivés et que c'est prendre l'effet pour la cause que de lui attribuer un pouvoir de régénération du sol tel que cette herbe puisse éliminer de ce fait *Striga hermontica*. Il est évident que toute autre plante non susceptible d'infestation par ce parasite peut procéder à son élimination.

La qualité du sol intervient au premier degré dans la lutte contre le *Striga*. C'est pourquoi Watt, en constatant que l'emploi à dose suffisante de fumier d'enclos à bétail, fait presque complètement disparaître le parasite, attribue ce phénomène à ce que les herbes adventices annuelles prennent un développement luxuriant et peuvent ainsi éliminer le *Striga*.

Watt note aussi que les champs rendus impropres à la culture des céréales et considérablement infestés peuvent être rendus à la production par le traitement suivant : culture du Manioc avec le sol tenu propre de mauvaises herbes pendant au moins la première année; la récolte s'opère successivement du 18me mois à la troisième année suivant le bouturage; au début de la 3me année, le bétail est dirigé sur le champ pour y consommer les Graminées et les feuilles de Manioc; en suite de quoi, on peut faire revenir la céréale sur une terre sans *Striga*, réinfestation mise à part.

Du point de vue disparition du *Striga*, il est évident qu'une « jachère-Manioc travaillée » suivie d'une « friche-Manioc pâturée » permet d'éliminer directement le parasite (culture tenue propre) et de renforcer le potentiel de fertilité du sol (excréments du bétail).

Enfin, Watt propose une meilleure succession culturale que celle pratiquée par les cultivateurs locaux, c'est-à-dire d'alterner surtout les céréales avec d'autres plantes.

Ramphicarpa veronicaefolia Vatke (Scrophulariaceae) parasite au Tanganika (région de Kilosa) les champs de Sorgho établis sur les sols alluvionnaires légers et noirs, non sur les terres rouges. Elle apparaît au moment où le Sorgho commence à fleurir et se multiplie à profusion jusqu'au moment de la moisson. Dans tous les cas, ce parasite facultatif ne se montre qu'après l'apparition de *Striga hermontica* et *Striga* sp. On le connaît aussi dans la même région sur *Vigna sinensis* et peut-être sur Maïs (Fuggles-Couchman).

Ramphicarpa fistulosa Benth. (=*R. longiflora* Benth. in Hooker Comp. Bot. Mag. I, 368, non Bentham in DC. Prodr. x, 1504) est connu du Sénégal à la Mer Rouge, à l'Afrique du Sud et à Madagascar, non dans l'Inde comme *R. longiflora* est signalée comme para-

sitant à Madagascar, Graminées, Cypéracées, Labiées, Légumineuses (gynophore de l'Arachide). Le Riz parasité est gêné dans sa croissance, n'épie pas ou ne forme pas ses graines. Ce parasite facultatif est commun dans la région du Lac Alaotra dans les vieilles rizières dégradées avec très faible lame d'eau. Il paraît pouvoir servir de test indicateur comme les *Striga's*.

Le parasitisme du Riz par des Orobanchacées est aussi connu. A Java, dans la Résidence de Preauger, *Reginatia indica* L. est fréquente sur les racines du riz cultivé. Ailleurs, elle est connue sur canne à sucre, etc.

INDICATRICES DIVERSES

Beaucoup d'autres plantes sont, en peuplements, indicatrices du niveau de fertilité du milieu.

Pennisetum purpureum Schum. (Napier grass, Herbe à Eléphant), est un merveilleux accumulateur d'humus dans les sols d'origine forestière pas trop dégradés et cette graminée est parfois employée dans un but de restauration pour maintenir la fertilité des terres assolées ou en jachères conservatrices de la continuité des successions culturales.

Pteridium aquilinum var. *lanuginosum* des pays tropicaux est une caractéristique sclérophylle des sols forestiers dégradés peu riches et légers ou des sols en dégradation. Au plus loin de la destruction il remplace l'*Imperata*.

Imperata cylindrica P. Beauv. est une graminée des terres en cours de dégradation culturale excessive convenant mal aux cultures annuelles et à peu de cultures arbustives y compris celles du Palmier à Huile, des races héliophiles de Coffea canephora. Les Aleurites, le Bigaradier, le Manguier et parfois l'Hevea s'en accommodent.

Sur les hauts-pâturages du Cameroun (Bambuttos), la fréquence de *Sporobolus pyramidalis* P. Beauv. est l'indice d'une surcharge excessive en bétail.

Si certaines plantes indicatrices sont en même temps restauratrices (*Faidherbia albida, Cassia occidentalis, C. Tora*, Herbe à éléphant, etc.), il en est d'autres qui sont en plus nuisibles à la culture pratiquée sur la terre qu'elles ont enrichie. L'herbe à éléphant relève déjà de ce type par ses couches rhizomateuses et sa facilité de multiplication par bourgeonnement des nœuds de chaume à terre, qui favorisent la réinfestation du terrain.

Dans les rizières naturelles du Delta Central Nigérien pullule en colonies denses l'espèce rhizomateuse vivace et plus ou moins flottante suivant la hauteur d'eau : *Oryza Barthii* A. Chev. Elle se reproduit par ses rhizomes (10-15 tonnes de rhizomes frais à l'ha), par ses semences tôt caduques (mais dormantes et ne germant qu'à la cam-

pagne suivante) et par les œilletons rhizomateux nés sur les nœuds de chaume couchés à terre après décrue dans la vase humide.

Rhizomes et chaumes accumulent d'année en année un matériel organique important de décomposition ralentie (sols submergés une partie de l'année, secs et sans vie pour l'autre).

Ces rizières naturelles florissantes sont des emplacements de choix pour la culture du riz flottant (*O. glaberrima*).

Elles sont défrichées avec enlèvement des rhizomes d'*O. Barthii* et autres plantes; la culture du riz s'y pratique pendant quelques années et sera abandonnée quand *O. glaberrima* sur son sol en dégradation continue se verra envahi par *O. Barthii.* On retourne alors à une jachère longue de riz vivace jusqu'à reconstitution d'un amoncellement organique suffisant pour entamer une nouvelle série de cultures de riz.

Ainsi *O. Barthii* est à la fois indicatrice d'un sol dégradé (quand il envahit la culture) et d'un sol restauré (rizière naturelle florissante).

II

Peuplements végétaux compagnons des cultures et variant suivant le gradient de fertilité du complexe cultural édapho-climatique

PLANTATIONS DE CAFEIERS ARABICA DES HAUTS-PLATEAUX DU CAMEROUN FRANÇAIS

Les plantes de couverture ne se sont pas implantées (ou mal) dans les Plantations de Caféiers d'Arabie des régions de Foumbon, Saïgon, Bafoussam et Dschang. (Caferaies entre 1,000 et 1,500 m. d'altitude, pluies 1,800-2,100 m/m., saison sèche 4 mois et demi).

Les sols sont travaillés profondément à la houe 4 à 5 fois par an et y ont disparu en principe toutes les plantes à caractères ligneux ou subligneux, toutes celles de multiplication lente ou difficile. En définitive ne subsistent que les espèces de croissance rapide et de fructification hâtive ou celles qui peuvent coloniser très vite par rhizomes ou par bouturage aux nœuds des tiges.

Ce sont en même temps des rudérales : rudérales des endroits frais et des sols semi-organiques des alentours d'habitations pour les bons terrains; rudérales héliophiles et sclérophylles pour les terres de maigre valeur.

Pratiquement, il faut les considérer dans ces caferaies comme des plantes cultivées, ce qui fait interférer le travail et la fumure du sol dans l'indication qu'elles apportent sur la valeur du terrain.

Pour compliquer encore la situation, l'ombrage créé artificiellement avec *Albizzia melanocarpa* ou « Pisquin » du Salvador, vient modifier la composition floristique en donnant moins d'importance aux héliophiles et sclérophylles au profit des sciaphiles et des plastiques.

Les terres volcaniques à cendres et pouzzolanes cultivées en caféier, sont couvertes d'un peuplement pur ou presque de *Galinsoga parviflora* Cav. Si la parcelle est ombragée, on rencontre moins de 1 % de plantes autres et la Composée atteint jusqu'à 40 et 60 cm. de hauteur. Dans les parcelles ensoleillées, la proportion de plantes autres devient plus grande et d'autant plus importante que le terrain est plus fatigué, ou moins travaillé ou fumé. Mais elle reste limitée au point de vue spécifique à *Commelina nudiflora* L., *Ageratum conyzoides* L., *Emilia sonchifolia* DC. et *Bidens pilosa* L. Parfois et par taches on rencontre *Amaranthus spinosus.* L. et un peu : *Digitaria horizontalis* Wild, *Paspalum scrobiculatum* Stapf.

Dès que le sol se fatigue, *Galinsoga* diminue d'importance et son groupement devient composite jusqu'au stade du peuplement à base de *Commelina nudiflora* L. qui caractérise essentiellement les bonnes terres brunes basaltiques travaillées de la région quand *Galinsoga* est encore abondant. A un stade plus dégradé les graminées rudérales font leur apparition : *Imperata cylindrica* Beauv. avec *Digitaria horizontalis, Paspalum scrobiculatum* var. *Commersonii* Stapf et var. *polystachyum* Stapf.

Enfin le dernier stade où la culture du Caféier d'Arabie devient difficile est caractérisé par la prairie à *Rhynchelytrum roseum* Stapf et Hubbard (Tricholene rose) caractéristique ici des sols granitiques ou basaltiques latéritisés et travaillés.

Sur les Hauts-plateaux à Caféier Arabica du Cameroun français on peut dresser le tableau suivant (observations faites en 1943) :

Nature du complexe cultural édaphique	Sans ombrage	Ombragé par *Albizzia melanocarpa*
I. — Terres noires fertiles à cendres volcaniques et pouzzolanes de défriche ou fumées, très travaillées à la houe.	Peuplement pur de *Galinsoga parviflora* (de petite taille).	*Ibidem* (de grande taille).
II. — Terres noires (1) semi-fertiles, soit usées, soit mal travaillées ou non fumées. Terres brunes basaltiques très travaillées ou très fumées.	Peuplement 1/2 pur à *Commelina nudiflora* avec peu de graminées et présence encore abondante de *Galinsoga.*	Peuplement pur à *Galinsoga* ou mixte *(Galinsoga-Commelina).*

Limite entre cultures très rémunératrices et peu rémunératrices du *Coffea Arabica* par les Européens.

Nature du complexe cultural édaphique	Sans ombrage	Ombragé par *Albizzia melanocarpa*
III. — Terres noires (1) semi-fertiles à tuff proche de la surface du sol, travaillées et fumées. Terres brunes (2) travaillées et fumées	Infiltration des Graminées *Paspalum scrobiculatum* et *Digitaria horizontalis* dans le peuplement à *Commelina*.	Peuplement presque pur à *Commelina*.

Limite de la culture économique de *Coffea Arabica* par les Européens.

IV. — Terres brunes (2) mauvaises, latérisées, difficiles à conduire, mais travaillées et fumées.	Disparition définitive de *Galinsoga*, réduction de *Commelina*, développement de la Strate à *Paspalum* et infiltration du *Rhynchelytrum roseum*.	*Galinsoga* par taches. *Commelina* encore dominant. Développement de *Digitaria* et infiltration de *Paspalum*.

Limite de la culture économique de *Coffea Arabica* L. par les indigènes.

V. — Terres granitiques ou basaltiques latérisées, sans productivité pour l'Arabica bien que travaillées et fumées.	Prairies à *Rhynchelytrum roseum*.	Dominance de *Paspalum* et développement du *Rh. roseum* sur les plages ensoleillées; *Galinsoga* est sporadique, *Commelina* encore commun.

Limite de la culture économique de *Aleurites* ssp.

VI. — Terres incultivables économiquement (cultures arborées ordinaires) très latérisées, très lessivées.	Prairies à grandes Panicées et Andropogonées + *Imperata*.	Prairies rases à *Digitaria* et *Paspalum* avec infiltration sur les plages ensoleillées de *Rhynchelitrum* et *Imperata*.

Dans toutes les plantations visitées, le *sarclage à nu* (clean weeding) n'est pas pratiqué, non plus le *sarclage sélectif* (selected weeding). Partout, les terres noires de cendres volcaniques, les terres brunes d'origine basaltique ou trachytique sont très largement houées à la main quatre ou cinq fois par an. Les sols de ces caferaies sont ainsi devenus très meubles et très perméables, mobilisant activement leurs principes fertilisants. Seules ne peuvent coloniser, entre deux façons à la houe, que les plantes à développement et fructification rapides et celles qui se multiplient par rhizomes, stolons ou bouturage de tiges. Enfouies à chaque labour elles rapportent une matière orga-

nique peut-être insuffisamment riches en lignine pour donner un humus quelque peu durable, mais présentent l'avantage d'assurer une protection thermique et mécanique et de réimmobiliser NH^3 et NO^3R produits certainement par excès, dans ces terrains travaillés, par rapport aux besoins des Caféiers.

En résumé on a la succession indicatrice de fertilité suivante :

Galinsoga parviflora Cav., *Commelina nudiflora* L., *Digitaria horizontalis* Wild., *Scrobiculatum* Stapf, *Rhynchelytrum roseum* Stapf, *Imperata cylindrica* P. Beauv. (pour les sols de culture).

Nous avons dit plus haut que le peuplement à *Galinsoga* pouvait s'ouvrir, avant le stade à *Commelina nudiflora*, pour faire place à *Ageratum conyzoides* L., *Emilia sonchifolia* DC, *Bidens pilosa* L., *Commelina nudiflora* L. et, par places, à *Amaranthus spinosus*.

Il est assez curieux de rapprocher tout ceci de ce qu'écrit STOFFELS (*Le Quinquina*, 2me éd. 1945, p. 20) pour les Plantations du Kivu : « Le « clean weeding » permet de lutter efficacement contre les plan- » tes à rhizomes, telles les « chiendents » et l'*Imperata* et permet » également de débarrasser les champs du *Tradescantia*, plante enva- » hissante dont les boutures de tige résistent aux plus fortes séche- » resses », ... « Le « selected weeding ». . « F. JURION a introduit » un système d'entretien plus rationnel et moins coûteux. La flore » spontanée indique la nature physique du sol; dans une terre tassée, » mal aérée, les graminées à rhizomes dominent, tandis que dans un » sol meuble et bien aéré les plantes à chevelu telle *Galinsoga par-* » *viflora* Cav. couvrent la surface. Entre les extrêmes, il y a le stade » *Bidens pilosa* L. et *Ageratum conyzoides* L. Une végétation à *Galin-* » *soga* peut être laissée intacte Dès que les *Bidens* et *Ageratum* ap- » paraissent, un sarclage est indiqué. Si les Graminées font leur appa- » rition, un léger labour rendra le sol meuble et le *Galinsoga* appa- » raîtra à nouveau. Il y a des sols qui se tassent facilement, d'autres » maintiennent longtemps leur bonne structure. La végétation adven- » tice montre ces changements et indique l'opération aratoire à » pratiquer ».

Le « *Tradescantia* » (sens général) de JURION doit correspondre à notre *Commelina nudiflora*, ses « chiendents » à nos *Digitaria* et *Paspalum*. La description de STOFFELS pour le Kivu s'applique aussi exactement aux caferaies des Hauts-plateaux du Cameroun français et nous gageons qu'en retour notre étude est aussi valable pour le Kivu.

Cependant, il faut rappeler que la technique camerounaise remonte à environ 1935 et qu'elle ne consiste pas en un sarclage sélectif mais en un houage suivi et répété. La technique de JURION en est ainsi différente. Mais si l'on peut labourer à longueur d'années une caferaie, il n'en va pas de même pour des plantations d'arbres à quinquina plantés à 0.80 × 0.80 × 0.80 m. où, là, le sarclage sélectif de JURION présente un grand intérêt. Nous le croyons, dans les sols du Kivu, très

supérieur à la méthode des plantes de couverture et il est à adopter au Cameroun dans nos plantations de *Cinchona* qui voisinent facilement avec les plantations de *Caféier Arabica*.

STOFFELS, en écrivant que « la flore spontanée indique la nature physique du sol », s'il reste dans le vrai, pêche par omission. Nous avons vu que l'ombrage par *Albizzia melanocarpa* permettait de regagner un degré de fertilité par rapport aux caferaies ensoleillées. Si nous reprenons notre tableau nous y voyons que :

complexe cult.	édaphique	II ombragé	= I-II non ombragé
—	d°	III ombragé	= II non ombragé
—	d°	IV ombragé	= III non ombragé
—	d°	V ombragé	= IV (IV-V) non ombragé
—	d°	VI ombragé	= IV-V non ombragé

Est-ce un simple effet de l'ombrage sur la composition floristique ou bien le sol lui-même est-il profondément modifié par la présence d'*Albizzia melanocarpa* ? Ou bien encore y a-t-il combinaison des deux influences ? Nous touchons ici à des points importants concernant les plantes indicatrices. L'ombrage sur la flore de la caferaie n'est-il qu'un facteur de remplacement ?

Sous ombrage, les Caféiers sont plus fournis en rameaux longs et à entrenœuds longs. Le feuillage périphérique est tel que l'on est obligé par tailles d'aérer et éclairer fortement l'intérieur du Caféier. Les floraisons et les fructifications sont beaucoup plus étalées dans le temps. L'influence de l'ombrage est manifeste.

Mais, en même temps, la production augmente sérieusement. D'un degré à l'autre de notre complexe cultural édaphique (non ombragé) les écarts de rendement oscillent entre 100 et 200 kgs. de café marchand à l'hectare. Avec ombrage d'*Albizzia melanocarpa* (complexe cultural édapho-climatique) les écarts sont exactement du même ordre. Un degré III ombragé produit autant qu'un degré II non ombragé. Les chiffres de rendement parcellaire qui nous ont été fournis dans presque toutes les plantations de la région amènent à cette conclusion.

On doit se représenter *Albizzia melanocarpa* comme l'analogue du *Faidherbia albida* de la zone sénégalo-soudanaise. Doué d'un système radiculaire pivotant enfoncé très profondément et riche en nodosités bactérioidiennes il exploite le sous-sol de la caferaie. Il produit de plus une quantité impressionnante de folioles qui forment un tapis dans la caferaie et que l'on enfouit par le houage périodique. *Galinsoga*, *Commelina* et Caféier paraissent vivre en grande partie à ses dépens.

Albizzia Lebbeck, A. *sassa*, *Leucaena glauca*, *Adenanthera pavonina*, *Sesbania* divers, etc., ne semblent pas avoir les même propriétés mais leur présence permet quand même un certain développement de *Galinsoga* et de *Commelina* en culture travaillée.

S'il existe un effet direct de l'ombrage, il y a aussi une restauration de la fertilité du sol avec *Albizzia melanocarpa*. Et il est assez difficile de disjoindre les deux facteurs pour juger de la qualité indicative de *Galinsoga*. Retenons simplement que c'est une indicatrice des bons sols travaillés et fumés sur les plateaux du Cameroun et au Kivu.

Les faits précédents montrent bien que ce n'est pas seulement le sol naturel ou seulement les façons aratoires ou seulement l'ombrage, etc., mais que c'est tout le complexe cultural édapho-climatique qui entre en jeu quand on traite de plantes indicatrices.

Nous adoptons, faute de mieux, cette expression de *complexe cultural édapho-climatique* qui représente pour nous l'un des facteurs de notre *climax de domestication* traité par ailleurs.

BIBLIOGRAPHIE UTILISEE CONCERNANT LES PARASITES PHANEROGAMES

BOURRIQUET (G.). — Une Scrophulariacée parasite du Riz à Madagascar. *Rev. Path. végét. et Ent. agricole*. Paris, t. XX, fasc. 3, 1933.

BOURRIQUET (G.). — Les Maladies du Riz à Madagascar. *Congrès Riz-Maïs, Marseille, 1938*. — 1 vol. 1939, Institut Colon. Marseille (*cf.* pp 110-111).

BOURRIQUET (G.). — Les Maladies des Plantes cultivées à Madagascar Un vol. Paris, Lechevallier, 1946 (*cf.* pp. 380-1 et 302).

BROUN (A. F.) et MASSEY (R. E.). — Flora of the Sudan. Un vol. 1929, Lond (*cf.* pp. 329-331).

CHEVALIER (A.). — Sur une Scrophulariée (*Striga hermontica*) parasite des Céréales en Afrique Tropicale. — *CR. Ac. Sc. Paris*, t. CXCIX, 27, pp. 1308-10 (30 décembre 1939).

CHEVALIER (A.). — *Le Striga hermontica*, parasite des Céréales en Afrique Tropicale. — *Rev. Bot. Appl. et Agric. Tropicale*, X, 103, mars 1930, pp. 175-177.

DALZIEL (J.). — The Useful Plants of West tropical Africa, 1 vol., mars 1937, London (*cf.* p. 44).

DAVIES (W. A.). — The cultivated crops of the Sudan, 1 broch. 1924. Khartoum, 65 × 111 p. + 1 carte (*cf.* p. 12).

HEMSLEY (W. Botting) et SKAN (S. A.). — in *Flora of Tropical Africa*, vol. IV Sect. II, pp. 399-415.

HIERN (W. P.). — in *Flora Capensis*, vol. IV, sect. II, pp. 379-388.

HOOKER (Sir J. D.). — The Flora of British India, 1885, vol. IV, pp. 398-300.

HUTCHINSON (J.) et DALZIEL (J. M.). — Flora of the West Tropical Africa vol. II, part I, pp. 225-227.

KOPP (A.). — A propos du Striga. *Rev. Bot. Appl. et Agric. Trop.*, X, 108, août 1930, pp. 710-711.

MALLAMAIRE (A.). — Les Maladies et les Plantes infestantes ou parasites (sur Riz et Maïs en Afrique occ. franç.). — *Congrès Riz-Maïs, Marseille, 1938*. Institut Colonial Marseille. Un vol. 1939 (*cf.* p. 117).

MALLAMAIRE (A.) — Notes de Phytopathologie soudanaise. *C. R. Congrès africanistes, Dakar, Janvier 1945*.

TROCHAIN (J.). — Une Mission Botanique et Agronomique au Sénégal.

DE SORNAY (M.). — *La Canne à Sucre à l'Ile Maurice*. Un vol. A. Challamel, Paris, 1920.

BAKHUIZEN VAN DEN BRING (M. R. C.). — *S. Land Plantentuin, Bull. Jard. Bot. Buitenzorg*, décembre 1933, série 3, vol. XIII, liv. I, n° 77 (d'après R.B.A. 1934, p. 537).

Contribution à l'étude de la Flore adventice des plantations de Caféiers (*C. arabica* L.)

par

Fred L. HENDRICKX,
Ingénieur Agronome Gx, Licencié en Sciences U. L. B.

L'opinion que les plantes adventices sont toutes des mauvaises herbes et qu'elles doivent être éliminées systématiquement des plantations a fait son temps. Actuellement, on estime que la présence d'une couverture végétale vivante, soigneusement contrôlée, offre de sérieux avantages pour certaines cultures non sarclées.

Le caféier se cultive au Kivu entre les altitudes de 1,000 et 2,000 mètres. Ces chiffres doivent être considérés comme des extrêmes et les bonnes plantations se situent entre 1,250 et 1,800 mètres d'altitude. Certaines sont sous ombrage, d'autres pas. Le caféier est, à l'état naturel, un arbuste du sous-étage de la forêt. Il affectionne une terre riche en humus.

Au début de la culture du caféier au Kivu, le « clean weeding » était de règle. Il causa la ruine de bien des plantations en provoquant une minéralisation exagérée des réserves humifères du sol.

Diverses méthodes furent préconisées pour remédier à cet état de choses. L'utilisation de fumier ou de compost, fait avec des débris végétaux ou de la terre de marais, demande beaucoup de main-d'œuvre. Elle n'est pas entrée dans la pratique courante. Le paillage du sol a donné de bons résultats, mais est souvent coûteux.

Le moyen le plus économique, pour éviter l'appauvrissement du sol en humus, semble encore être de lui incorporer, lors des travaux d'entretien, la végétation adventice favorable qui s'est développée dans les champs.

A côté de cet apport de matières végétales, l'existence d'une couverture vivante présente, pour la plantation, d'autres avantages, mais aussi certains inconvénients (1, 2).

La strate herbacée protège la terre arable contre l'érosion et contre l'insolation directe. Elle évite la minéralisation de la couche superficielle du sol et sa stérilisation subséquente. Elle prévient, de plus, son

tassement par les pluies. Les racines des plantes adventices augmentent la porosité du terrain et favorisent l'établissement d'une bonne structure.

Ces avantages compensent largement les inconvénients inhérents à la couverture vivante du sol. Un des plus importants de ceux-ci est la compétition possible entre le système radiculaire de la plante de couverture et celui du végétal cultivé. En favorisant le développement d'une flore adventice à enracinement superficiel, on limite, dans une certaine mesure, cette concurrence. L'appauvrissement du terrain en matières nutritives n'est pas à craindre : les substances, biogéniques, absorbées par la plante, font finalement retour au sol. Elles lui sont parfois restituées sous une forme plus assimilable que celle sous laquelle elles se trouvaient primitivement. Toutefois, la concurrence pour l'eau ne doit pas être négligée, surtout en saison sèche. A cette époque de l'année, il y a toujours moyen de transformer la couverture vivante en un paillis. Celui-ci protège la terre contre une évaporation trop intense et est incorporé au sol lors des façons culturales du début de la saison des pluies.

La possibilité, pour la végétation adventice, de fournir des plantes hôtes ou des plantes nourricières aux ennemis d'une culture, mérite de retenir l'attention (4, 5). L'excrétion de substances antibiotiques doit également être envisagée (3, 6).

L'étude de la flore adventice d'une plantation de caféiers fut faite dans deux parcelles de la Station Expérimentale de Mulungu, située à 1,700 m. d'altitude sur sol volcanique. L'une d'elles était densément ombragée par de grands *Albizzia moluccana* MIQ., l'autre pas. L'évolution de la végétation adventice fut suivie pendant deux années consécutives. Entre deux façons culturales, un comptage de la végétation adventice était effectué sur 7 surfaces de 1 mètre carré, choisies au hasard dans chaque parcelle. Les résultats se trouvent résumés dans les tableaux ci-après. Ils donnent pour chaque plante les coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité exprimés d'après la méthode de Braun-Blanquet.

La détermination de plantes au stade juvénile se heurte à des difficultés. C'est pourquoi il n'a pas toujours été possible de donner le nom spécifique dans chaque cas.

La majorité des plantes constituant la flore adventice d'une plantation de caféiers entretenue sont annuelles. Accidentellement, on trouve également, dans les relevés de végétation, des arbustes ou du recrû d'arbres d'ombrage ou des haies antiérosives, dont les graines ont été apportées par le vent ou les oiseaux.

Il n'y a pas de stratification à proprement parler. Normalement, les façons culturales sont trop rapprochées pour lui permettre de s'établir.

Le comptage, malgré tout, ne donne pas une idée de la répartition de la végétation adventice. Celle-ci suit une disposition concentrique. Les espèces sciaphiles se réfugient sous l'ombrage des caféiers et sont absentes aux endroits plus éclairés. Il n'est donc pas exclu de trouver des plantes qui affectionnent l'ombrage dans des parcelles exposées à une insolation directe.

De l'examen des deux tableaux ci-joints, les points suivants peuvent être retenus.

La florule des plantations de caféiers, à la Station de Mulungu, est composée d'éléments courants ou accidentels. Certaines plantes montrent une tendance marquée à la sciaphilie, d'autres à l'héliophilie.

Les espèces suivantes se retrouvent pratiquement dans tous les relevés botaniques : *Ageratum conyzoides*, *Commelina nudiflora*, *Digitaria abyssinica*, *Galinsoga parviflora*, *Mariscus umbellatus*, *Oxalis corniculata*, et *Phyllanthus deflexa*. Des différences quantitatives marquées existent cependant entre les relevés faits dans les parcelles avec ou sans ombrage. *Celosia trigyna*, *Cleome Schimperi*, *Dichrocephala bicolor*, *Drymaria cordata*, *Erigeron sumatrense* peuvent être classés dans la même catégorie, bien qu'ils ne soient pas présents dans tous les comptages.

Les espèces suivantes sont mieux représentées dans la parcelle sans ombrage : *Amaranthus viridis*, *Bidens pilosa*, *Eleusine indica*, *Erucastrum nubicum*, *Eragrostis tenuiflora*, *Euphorbia prostrata*, *Hypericum peplidifolium*, *Indigofera arrecta*, *Ipomoea* sp., *Sonchus Bipontini*, *Portulaca oleracea*, *Sida rhombifolia* et *Spilanthes Acmella*. Elles peuvent être considérées comme héliophytes.

Parmi les sciaphytes, il convient de mentionner : *Galium Aparine*, *Hydrocotyle Mannii*, *Impatiens* sp., *Pilea* cfr. *tetraphylla*, *Polygonum nepalense*, *Setaria homonyma* et *Stellaria media*.

Les autres espèces sont accidentelles. Elles comprennent : Plantes herbacées : *Alectra melampyroides*, *Asystasia gangetica*, *Crassocephalum bumbense*, *Desmodium adscendens*, *Desmodium* sp., *Diodia* sp., *Geranium simense*, *Gerbera* sp., *Gynura vitellina*, *Leucas deflexa*, *Lysimachia africana*, *Micrococca Mercurialis*, *Panicum* sp., *Paspalum scrobiculatum*, *Rubia cordifolia*, *Rumex* sp., *Setaria palidifusca*, *Solanum nigrum*, *Sporobolus indicus*, *Viola abyssinica*

Plantes ligneuses ou frutescentes : *Cassia mimosoides*, *Crotalaria axillaris*, *Kosteletzkija* sp., *Plectranthus ramosissimus*, *Solanum Flamignii*, *Tephrosia Vogelii*, *Triumfetta effusa*, *Vernonia* sp.

Plantes grimpantes : *Basella alba*, *Dolichos* sp., *Melothria punctata*.

Plantes cultivées : *Lupinus* sp. (plante de couverture), *Coffea arabica* (plante de culture), *Leucaena glauca* (plante d'ombrage), *Grevillea robusta* (essence forestière introduite).

AVEC OMBRAGE

Nom scientifique	Nom vernaculaire en Mashi	XI 40 Labour	XII 40 Fauchage	I 41 Sarclage	II 41 Fauchage	III 41 Aucune faç. culturale	V 41 Fauchage	VII 41 Sarclage	IX 41 Aucune faç. culturale	X 41 Labour	XII 41 Aucune faç. culturale	I 42 Fauchage	II 42 Sarclage	III 42 Sarclage	V 42 Fauchage
Ageratum conyzoides L.	Kahyola	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Commelina nudiflora L.	Mudege	+2	1—2	+1	1—2	1—2	2—2	1—2	+1	+1	+2	+2	+2	2—2	2—2
Digitaria abyssinica (HOCHST.) STAPF	Musihe	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Galinsoga parviflora CAV.	Ndaraki	4—3	3—3	4—3	3—3	4—4	2—2	2—2	3—3	2—2	2—2	2—2	2—2	2—2	3—3
Mariscus umbellatus VAHL.	Shenga	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	—	+1	+1	+1	+1	+1
Oxalis corniculata L.	Munyumpene	+2	1—2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Phyllantus deflexa HOOK. f.	Mufundula	—	—	—	+1	+1	—	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	—
Celosia trigyna L.	Mulongwe mulume	—	—	—	—	+1	+1	+1	+1	—	—	—	—	—	—
Cleome Schimperi PAX.	Mushaka	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	+1	+1	—	—	—
Dichrocephala bicolor SCHLECHT	Tshitundambuga	—	—	—	—	+1	+1	—	+1	—	—	—	—	—	+1
Drymaria cordata (L.) WILLD.	Bwahula	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	+1	—	—
Erigeron sumatrense RETZ.	Nyambuba	—	—	—	—	+1	—	+1	+1	—	—	—	—	—	—
Alysicarpus vaginalis DC.	Ngandu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Amaranthus viridis L.	Ntendabuka	—	—	—	+1	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—
Bidens pilosa L.	Kashisha	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Eleusine indica (L.) GAERTN.	Tshabirambasha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Erucastrum nubicum FISCH-MEYER	Lujinji ou Mpamulwa	+1	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	+1	—	+1	—
Eragrostis tenuiflora HOCHST.	Bwikalabalume	—	—	+1	+1	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—
Euphorbia prostrata AIT.	Bangula namarha	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—
Hypericum peplidifolium RICH.	Bangula	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—
Indigofera arrecta HOCHST.	Kashaloza	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ipomoea sp.	Muhulula	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ombellifère nº 5561.	Ndjumbwe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Portulaca oleracea L.	Muvo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sida rhombifolia L.	Mudundu	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sonchus Bipontini ASCH.	Munyamara	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Spilanthes Acmella MURR.	Tshenda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Galium Aparine L.	Lukalalambwa	+1	+1	+1	—	+1	—	+1	+1	+1	+1	—	—	+1	+1
Hydrocotyle Mannii OLIV.	Kanyabagula	1—2	1—2	+2	1—2	+1	2—2	2—2	2—2	1—2	1—2	2—2	2—2	—	+1

Impatiens sp. nº 5542	Ironda	+1	—	+1	+1	—	+1	+1	+1	—	+1	+1	+1	+1	+1
Pilea cfr. *tetraphylla* BLUME	Kamaramahano	—	—	—	+1	+1	—	+1	+1	+1	—	+1	+1	—	—
Polygonum nepalense MEISSN.	Mano-ga-nkwale	3—3	3—3	2—2	3—3	3—3	2—2	+1	+1	+1	2—2	3—3	3—3	2—2	3—3
Setaria homonyma (STEUD.) CHIOV	Tshigoka	—	+1	+1	—	+1	+1	—	—	—	+1	+1	+1	+1	+1
Stellaria media CYR.	Lwangala	+1	—	+2	—	+1	—	—	+2	—	—	—	—	—	—
Alectra melampyroides L.	Kahasha	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—
Asystasia gangetica (L.) ANDERS	Lwagalika	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Crassocepalum bumbense S. MOORE	Mufulubindi	—	—	—	+1	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—
Desmodium adscendens DC.	Irhuza	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Desmodium sp.	Lushamba	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Diodia sp.	Nyangumba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Geranium simense HOCHST	Kahenyera	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gerbera sp.	Tshuku	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gynura vitellina BENTH.	Nshununu	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	+1	—	—	—
Leucea deflexa HOOK. f.	Kanyamafundwe	—	—	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lysimachia africana ENGL	Mulongwe mukazi	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Micrococca Mercurialis BENTH.	Kalyamboga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Panicum sp. nº 5554.	Lwisi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—
Paspalum scrobiculatum L.	Rubiha	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rubia cordifolia L.	Lukalalambwa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rumex sp.	Muberanaga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	+1	+1	+1
Setaria pallidifusea STAPF. & HUBB	Tshinyabwoya	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Solanum nigrum L.	Mulunda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sporobolus pyramidalis (STEUD.) BEAUV.	Bwikobekobe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Viola abyssinica STEUD.		—	—	+1	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cassia mimosoides L.	Nagarhi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Crotalaria axillaris DRYAND.	Tshinyamunyu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kosteletzkya sp.	Kanyerekiru	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Plectranthus ramosissimus A.	Mufomofomo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Solanum Flamignii DE WILD	Ndakala	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—
Tephrosia Vogelii HOOK. f.	Mulukuluku	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Triumfetta effusa E. MEY.	Kahunga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—
Vernonia sp.	Mubirizi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—
Basella alba L.	Nderema	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dolichos sp.	Misobwa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Melothria punctata (THUNB.) COGN	Kalali	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Coffea arabica L.	Kahawa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—
Grevillea robusta CUNN.	Lusirusiru	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—
Leucaena glauca BENTH.	Sinagroka	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lupinus sp.	Lupini	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

SANS OMBRAGE

Nom scientifique	Nom vernaculaire en Mashi	XI 40 Labour	XII 40 Fauchage	I 41 Sarclage	II 41 Fauchage	III 41 (*)	V 41 Fauchage	VII 41 Sarclage	IX 41 Aucune faç. culturale	X 41 Labour	XII 41 Aucune faç. culturale	I 42 Fauchage	II 42 Sarclage	III 42 Sarclage	V 42 Fauchage
Ageratum conyzoides L.	Kahyola	—	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	—	+1	+1	+1	—	+1
Commelina nudiflora L.	Mudege	2—3	2—3	2—3	3—3	3—3	3—3	3—3	3—3	3—3	3—3	3—3	3—3	3—3	3—3
Digitaria abyssinica (Hochst.) Stapf	Musihe	+2	2—2	3—3	4—3	2—2	2—2	1—2	2—2	+2	+2	+2	2—2	+2	+2
Galinsoga parviflora Cav.	Ndaraki	4—3	3—3	3—3	3—3	3—3	2—2	2—2	2—2	+1	+1	+1	2—2	2—2	2—2
Mariscus umbellatus Vahl.	Shenga	+1	2—1	2—1	2—2	2—1	2—1	+1	+1	+1	+1	+1	2—2	+1	+1
Oxalis corniculata L.	Munyumpene	—	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	—	+1
Phyllantus deflexa Hook. f.	Mufundula	—	—	+1	+1	+1	+1	+1	+1	—	+1	+1	+1	—	—
Celosia trigyna L.	Mulongwe mulume	+1	—	+1	—	+1	+1	+1	+1	—	—	—	+1	—	—
Cleome Schimperi Pax.	Mushaka	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—	+1	+1	—	—	—
Dichrocephala bicolor Schlecht.	Tshitundambuga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—
Drymaria cordata (L.) Willd.	Bwahula	+1	+1	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—
Erigeron sumatrense Retz.	Nyambuba	—	—	—	—	+1	+1	+1	—	+1	—	—	—	—	+1
Alysicarpus vaginalis DC.	Ngandu	—	—	—	+1	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—
Amaranthus viridis L.	Ntendabuka	2—2	2—2	2—2	1—1	1—2	+1	+1	+1	—	+1	+1	+1	+1	+1
Bidens pilosa L.	Kashisha	+1	—	+1	+1	+1	+1	1—2	2—2	+1	1—2	1—2	2—2	3—2	3—3
Eleusine indica (L.) Gaertn.	Tshabirambasha	+1	+1	—	+1	—	+1	—	—	—	+1	—	+1	—	—
Erucastrum nubicum Fisch-Meyer	Lujindi ou Mpamulwa	2—2	+1	—	—	—	—	+1	+1	—	1—2	+1	+1	—	—
Eragrostis tenuiflora Hochst.	Bwikalabalume	—	—	+1	+1	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—
Euphorbia prostrata Ait.	Bangula namarha	—	+1	+1	—	+1	+1	—	+1	—	—	+1	—	—	—
Hypericum peplidifolium Rich.	Bangula	—	—	+1	+1	—	—	—	+1	—	—	+1	—	—	—
Indigofera arrecta Hochst.	Kashaloza	—	+1	+1	—	+1	+1	—	—	—	—	+1	—	+1	+1
Ipomoea sp.	Muhulula	+1	+1	—	+1	+1	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—
Ombellifère nº 5561	Ndjumbwe	—	—	+1	+1	+1	—	+1	—	—	+1	+1	—	—	—
Portulaca oleracea L.	Muvo	+1	—	+1	1—2	+1	+1	—	—	—	—	—	+1	—	—
Sida rhombifolia L.	Mudundu	—	+1	+1	+1	+1	+1	—	—	—	+1	+1	—	+1	+1
Sonchus Bipontini Asch.	Munyamara	—	—	—	—	—	+1	+1	+1	—	—	—	—	—	—
Spilanthes Acmella Murr.	Tshenda	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	+1	—	—	—	—
Galium Aparine L.	Lukalalambwa	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hydrocotyle Mannii Oliv.	Kanyabagula	—	—	—	—	+1	+1	+1	+1	—	—	+1	+1	—	—

Impatiens sp. nº 5542	Ironda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pilea cfr. *tetraphylla* BLUME	Kamaramahano	—	—	—	+1	+1	—	—	—	—	—	+1	2—2	—	—
Polygonum nepalense MEISSN.	Mano-ga-nkwale	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—
Setaria homonyma (STEUD.) CHIOV	Tshigoka	+1	+1	+1	+1	—	+1	+1	—	—	—	+1	—	—	—
Stellaria media CYR.	Lwangala	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alectra melampyroides L.	Kahasha	—	—	—	—	—	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—
Asystasia gangetica (L.) ANDERS.	Lwagalika	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Crassocepalum bumbense S. MOORE	Mufulubindi	—	—	—	—	+1	—	+1	—	—	—	—	—	—	—
Desmodium adscendens DC.	Irhuza	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Desmodium sp.	Lushamba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Diodia sp.	Nyangumba	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Geranium simense HOCHST.	Kahenyera	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gerbera sp.	Tshuku	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gynura vitellina BENTH.	Nshununu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Leucea deflexa HOOK. f.	Kanyamafundwe	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lysimachia africana ENGL	Mulongwe mukazi	—	—	—	+1	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—
Micrococca Mercurialis BENTH	Kalyamboga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Panicum sp. nº 5554	Lwisi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	+1	—
Paspalum scrobiculatum L	Rubiha	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—
Rubia cordifolia L.	Lukalalambwa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rumex sp.	Muberanaga	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Setaria pallidifusea STAPF & HUBE	Tshinyabwoya	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Solanum nigrum L.	Mulunda	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sporobolus pyramidalis (STEUD.)	Bwikobekobe	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Viola abyssinica STEUD.		—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cassia mimosoides L.	Nagarhi	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—
Crotalaria axillaris DRYAND.	Tshinyamunyu	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kosteletzkya sp.	Kanyerekiru	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Plectranthus ramosissimus A	Mufomofomo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Solanum Flamignii DE WILD.	Ndakala	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tephrosia Vogelii HOOK. f	Mulukuluku	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Triumfetta effusa E. MEY.	Kahunga	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	+1	—	—	—	—
Vernonia sp.	Mubirizi	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Basella alba L.	Nderema	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+1	—	—	—	—
Dolichos sp.	Misobwa	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Melothria punctata (THUNB.) COGN	Kalali	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Coffea arabica L.	Kahawa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Grevillea robusta CUNN.	Lusirusiru	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Leucaena glauca BENTH	Sinagroka	+1	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lupinus sp.	Lupini	+1	—	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(*) Labour et extirpage de graminées rhizomateuses.

Les façons culturales peuvent modifier considérablement les compositions qualitative et quantitative de la flore adventice. Pratiquées à bon escient, elles maintiennent longtemps une couverture vivante favorable au caféier.

Dans la région, les trois opérations suivantes sont courantes : fauchage à la machette, sarclage à la houe large (sorrock) et labour au croc (bident ou trident).

Le fauchage a pour but de rabattre la partie aérienne de la plante un peu au-dessus du sol et n'a donc aucune action directe sur celui-ci. Il n'est pas à conseiller d'abuser du fauchage. Tout au plus, peut-on le pratiquer après un labour ou un extirpage de chiendent, quand la repousse est constituée d'une végétation tendre qui dénote un sol bien aéré. Pour faciliter un labour, on peut le faire précéder, à quelques jours d'intervalle, d'un fauchage. On a également recours à ce dernier dans les moments de presse. A la cueillette du café, on se limite parfois à un fauchage, afin d'utiliser le maximum de main-d'œuvre à la récolte. Ce n'est là qu'un pis-aller qui doit être suivi à brève échéance d'un travail plus complet du sol.

Le sarclage coupe la plante au-dessous du collet. Il ameublit la terre sur une certaine épaisseur. C'est la façon culturale le plus couramment employée durant la saison des pluies, pour autant que la végétation adventice démontre que la plantation est encore en bon état.

Le labour a une action plus marquée sur la structure du sol. Il opère un retournement de la couche arable à laquelle il incorpore la végétation adventice. Il est généralement pratiqué à la profondeur d'un croc. Dans le cas d'un extirpage de chiendent, il est souvent nécessaire de labourer plus profondément.

L'influence de chaque façon culturale sur la flore adventice est nettement marquée. Après un labour, et pour autant que les conditions climatiques le permettent, on remarque un développement abondant de plantes herbacées tendres, dont la croissance nécessite un sol bien aéré : *Galinsoga parviflora, Polygonum nepalense, Oxalis corniculata, Amaranthus viridis, Erucastrum nubicum, Impatiens* sp., *Stellaria media,* etc. Afin de faciliter la régénération naturelle de ces plantes, il est à recommander de les laisser fructifier avant de les faucher ou de les sarcler.

Sous l'action des agents météorologiques, surtout des pluies, la terre se tasse graduellement et l'on assiste à une évolution de la flore adventice. Les plantes moins séveuses apparaissent alors en plus grand nombre : *Ageratum conyzoides, Celosia trigyna, Cleome Schimperi, Drymaria cordata, Hypericum peplidifolium* et plus tard *Bidens pilosa, Dichrocephala bicolor, Erigeron sumatrense, Sida rhombifolia, Indigofera arrecta,* etc. Le stade ultime de cette évolution régressive est constitué par les graminées, principalement *Digitaria abyssinica.*

Aussi longtemps qu'on parvient à maintenir la végétation adventice à l'état herbacé séveux, les sarclages sont indiqués. Dès que l'équilibre est rompu en faveur de plantes plus dures et surtout des graminées, il est indispensable d'avoir recours au labour. Dans les plantations en bon état, un labour par an, pratiqué durant la saison sèche, est souvent suffisant. Dans un sol qui perd rapidement sa structure, il est nécessaire d'en effectuer plus. Là où les graminées, principalement le chiendent, ont envahi la plantation, des extirpages soigneux sont indiqués. Ils seront répétés jusqu'au moment où la végétation adventice désirée aura pu s'établir. Il y a parfois lieu de recourir à l'ensemencement d'espèces séveuses là où ces plantes n'existent pas.

L'ombrage exerce une action marquée sur la composition qualitative et quantitative de la flore adventice des plantations de caféiers. En règle générale, il y a moins de plantes par unité de surface dans les parcelles sous ombrage. L'évolution de la flore adventice, vers un stade qui dénote une gradation du sol, est toutefois moins rapide dans celle-ci. Il est souvent possible d'économiser une façon culturale par an, là où l'ombrage est suffisant. Dans les tableaux ci-dessous on remarquera qu'au mois de mai 1941 l'état de la parcelle sous ombrage a été jugé bon. Aucune façon culturale n'y a donc été pratiquée. Par contre, l'état de la parcelle sans ombrage a nécessité un labour accompagné de l'extirpage du chiendent.

La végétation adventice des champs de caféiers fournit d'utiles indications sur l'état du sol. Elle doit être surveillée de près, car elle dicte, en quelque sorte, les façons culturales à pratiquer en plantation.

Je tiens à remercier M. R. GERMAIN, Chef de la Division de Botanique de l'Inéac, pour les déterminations et confirmations de déterminations qu'il a bien voulu me fournir.

Mulungu, le 15 octobre 1948.

BIBLIOGRAPHIE

1. ANONYME. — *De hulpgewassen bij de meerjarige cultures.* Mededeeling v.d. proefstations der Centrale Vereeniging tot beheer van proefstations voor de overjarige cultures in Ned.-Indië.
Bergcultures, 13e jaargang, nr 48, blz. 1669-1674, 1939.
Bergcultures, 13e jaargang, nr 49, blz. 1696-1706, 1939.

2. BACKER, C. A., & VAN SLOTEN, D. F. — *Geïllustreerd handboek der Javaansche theeonkruiden en hunne beteekenis voor de cultuur. Ed :* Ruygrok & Co, Batavia, 1924.

3. COSTER, Ch. — *Wortelstudiën in de tropen*
Landbouw, VIII, nr 3, blz. 146-194, 1932.
Landbouw, IX, nr 1, blz. 1- 48, 1933.

4. LEFÈVRE, P. C. — *Etude dans son milieu, de* Antestia *prox.* lineaticollis STAL. Publ. Inéac, Série Scient., no 26, pp. 34-54, 1942.

5. LEFÈVRE, P. C. & HENDRICKX, F. L. — *De quelques notions entomologiques.* Parasitica, T. II, no 3, pp. 95-97, 1946.

6. VAN DER VEEN, R. — *Wortel concurrentie in de koffie- en rubbertuinen.* Archief v.d. Koffiecultuur, p. 65, 1935.

ANNEXE.

LISTE DES PRINCIPALES PLANTES ADVENTICES DES PLANTATIONS DE CAFEIERS DE LA REGION DE MULUNGU, LEUR AIRE DE DISPERSION ET LEUR SIGNIFICATION POUR LA CULTURE.

GRAMINEAE.

Digitaria abyssinica (HOCHST.) STAPF. Vern.: Musihe.

Aire géographique : Originaire des régions éthiopiennes. Son aire de dispersion s'étend jusqu'en Arabie, au Soudan et au Zambèze.

Signification pour les cultures : Le chiendent n'est pas dommageable par lui-même, car il protège bien le sol Toutefois, la concurrence qu'il fait à la plante cultivée est telle qu'il doit être extirpé à tout prix et brûlé. Sa présence est incompatible avec le développement du caféier.

Eleusine indica (L.) GAERTN. Vern. Tshabirambasha.

Aire géographique : Ancien monde d'où il est devenu cosmopolite dans les régions tropicales et subtropicales.

Signification : Indique un sol tassé qui a perdu sa structure. Il dénote la nécessité d'un labour.

Eragrostis tenuifolia HOCHST. Vern.: Bwikalabalume

Aire géographique : Régions éthiopiennes.

Signification : Voir *Eleusine indica.*

Setaria homonyma (Steud.) CHIOV. Vern.: Tshigoka

Aire géographique : Cosmotropicale.

Signification : Graminée à enracinement superficiel Aussi longtemps qu'elle n'est pas prédominante, les sarclages limitent aisément son développement.

CYPERACEAE

Mariscus umbellatus VAHL. Vern.: Shenga

Aire géographique : Cosmotropicale.

Signification : Plante herbacée, vivace, qui envahit rapidement les sols frais et acides. Sa présence en trop grand nombre dans une plantation est un indice défavorable. En chaulant le sol on peut, dans une certaine mesure, limiter sa multiplication

COMMELINACEAE

Commelina nudiflora L. Vern.: Mudege.

Aire géographique : Originaire de l'Asie. Cette plante est devenue cosmopolite, tropicale et subtropicale dans l'ancien monde.

Signification : Plante herbacée, vivace, à tiges rampantes et charnues. Elle est très séveuse et résiste bien à la dessiccation. Il est difficile de s'en défaire. Aussi longtemps qu'elle ne s'enracine pas profondément, elle doit être considérée comme utile. La façon de traiter cette plante consiste à la retourner à chaque passage de l'équipe d'entretien. Une partie du feuillage pourrit et contribue à enrichir le sol en matières organiques; l'autre partie assure la reprise de la plante mais n'a pas la possibilité de pénétrer profondément dans le sol. Elle constitue une couverture vivante du sol.

URTICACEAE.

Pilea cfr. *tetraphylla* BLUME. Vlrn.: Kamaramahano.

Aire géographique : Afrique tropicale et subtropicale.

Signification : Herbe séveuse parfois stolonifère des endroits ombragés et humides. Enracinement superficiel. Utile dans les plantations de caféiers.

POLYGONACEAE.

Polygonum nepalensis MEISSN. Vern.: Mano-ga-nkwale.

Aire géographique : Asie et Afrique tropicale.

Signification : Plante herbacée, tendre. Typiquement sciaphile. Dénote un sol bien aéré Utile dans les plantations de caféiers.

AMARANTHACEAE.

Amaranthus viridis L. Vern.: Ntendabuka.

Aire géographique : Originaire d'Asie. Devenue pantropicale et subtropicale

Signification . Plante annuelle herbacée et séveuse Utile dans les plantations de caféiers.

Celosia trigyna L. Vern.: Mulongwe mulume.

Aire géographique : Plante d'origine asiatique, devenue cosmopolite dans l'ancien monde.

Signification : Plante annuelle herbacée à enracinement faible. Utile dans les plantations de caféiers.

PORTULACACEAE

Portulaca oleracea L. Vern.: Muvo.

Aire géographique : Plante cultivée cosmopolite. Introduite en Amérique.

Signification : Plante prostrée succulente. Indique un sol tassé souvent aride Dénote la nécessité d'une aération du sol.

CARYOPHYLLACEAE

Drymaria cordata (L.) (WILLD Vern. Bwahula.

Aire géographique : Plante d'origine américaine. Pantropicale et subtropicale.

Signification : Voir *Celosia trigyna*.

Stellaria media CYR. Vern.: Lwangala.

Aire géographique : Espèce rudérale des régions tempérées, devenue cosmopolite.

Signification : Plante herbacée à enracinement superficiel Utile dans les plantations de caféiers.

CAPPARIDACEAE.

Cleome Schimperi PAX. Vern.: Mushaka.

Signification : Comme pour *Celosia trigyna*.

CRUCIFERAE.

Erucastrum nubicum FISCH-MEY. Vern.: Lujinji ou Mpamulwa.

Aire géographique : Réparti en Afrique du Soudan au Zambèze.

Signification : Voir *Celosia trigyna*.

LEGUMINOSAE.

Alysicarpus vaginalis DC. Vern.: Ngandu.

Aire géographique : Origine discutée : Asie (DE WILDEMAN) ou Amérique (CHEVALIER). Actuellement pantropicale et subtropicale.

Signification : Légumineuse suffrutescente à tiges prostrées vivaces. Est peu désirable en plantation.

Indigofera arrecta HOCHST. Vern.: Kashaloza.

Aire géographique : Afrique tropicale et australe. Se retrouve en Arabie.

Signification : Légumineuse suffrutescente annuelle dans la région. Doit être proscrite des plantations en vertu de son enracinement pivotant et de son développement trop grand.

OXALIDACEAE.

Oxalis corniculata L. Vern.: Munyumpene.

Aire géographique : Cosmotropicale.

Signification : Plante stolonifère qui recouvre le sol d'un couvert peu dense. Doit être considérée comme utile à cause de son enracinement faible.

EUPHORBIACEAE.

Euphorbia prostrata AIT. Vern.: Bangula namarha.

Aire géographique : Originaire d'Amérique tropicale, devenue pantropicale et subtropicale.

Significaton : Petite plante étalée à racine pivotante relativement très développée. Indique un sol tassé qui nécessite une aération.

Phyllanthus deflexa HOCHST. Vern.: Mufundula

Signification : Suffrutescent et à enracinement peu profond N'est pas nuisible si on ne lui permet pas de se développer abondamment.

BALSAMINACEAE.

Impatiens sp. Vern.: Ironda.

Signification : Plante très séveuse qui rejette facilement de la base Sciaphile. Enracinement peu puissant. Se décompose facilement. Utile dans les plantations de caféiers.

MALVACEAE.

Sida rhombifolia L Vern.: Mudundu.

Aire géographique : Cosmotropicale.

Signification · Plante suffrutescente à racine pivotante profonde. Sa présence est contre indiquée dans les plantations de caféiers.

GUTTIFERAE.

Hypericum peplidifolium RICH. Vern.: Bangula

Aire géographique : Régions éthiopiennes.

Signification : Herbe rampante étalée et stolonifère. Elle indique un sol tassé.

UMBELLIFERAE.

Hydrocotyle Mannii OLIV. Vern.: Munyumpene.

Signalé de l'île de Fernando Po.

Signification : Plante stolonifère caractéristique des sols humides et acides. Son enracinement est superficiel. Elle ne concurrence pas le caféier.

CONVOLVULACEAE.

Ipomoea sp. Vern.: Muhulula.

Signification : Plante volubile envahissante, dont la présence n'est pas souhaitable pour le caféier.

RUBIACEAE.

Galium Aparine L. Vern.: Lukalalambwa.

Aire géographique : Cosmopolite.

Signification : Cette espèce rudérale des régions tempérées indique un sol frais. Plante utile à enracinement faible.

COMPOSITAE.

Ageratum conyzoides L. Vern.: Kahyola.

Aire géographique : Originaire de l'Amérique tropicale. Est devenue cosmopolite, tropicale et subtropicale.

Signification : Bonne plante de couverture à enracinement faible. Dénote un sol riche en humus mais qui comence à se tasser

Bidens pilosa L. Vern.: Kashisha.

Aire géographique : Originaire d'Amérique mais devenue pantropicale et subtropicale.

Signification : Plante annuelle, rudérale et nitrophile. Elle indique un sol tassé et précède souvent un envahissement de graminées. Indique qu'un labour est utile.

Dichrocephala bicolor SCHLECHT. Vern.: Tshitundambuga.

Aire géographique : Pantropicale et subtropicale.

Signification : Indique un sol qui commence à se tasser.

Erigeron sumatrense RETZ. Vern.: Nyambuba.

Aire géographique : Pantropicale.

Signification : Plante qui envahit les cultures abandonnées. Son enracinement pivotant profond et puissant la rend indésirable dans les plantations de caféiers.

Galinsoga parviflora CAV. Vern : Ndaraki

Aire géographique : Originaire du Pérou. Son apparition dans les régions d'altitude de la colonie daterait du passage de l'expédition du Duc de Mecklembourg, d'où son nom : « Herbe de Mecklembourg ».

Signification : Est la meilleure plante adventice des plantations de caféiers. Elle possède des tiges séveuses et tendres qui se décomposent facilement. Son enracinement est peu profond. Elle dénote un sol bien aéré. Aussi longtemps qu'elle domine, la plante peut être considérée comme en excellent état.

Sonchus Bipontini ASCHER. var. *pinnatfidus* OLIV. & HIERN. Vern.: Munyamarha.

Aire géographique : Afrique orientale du Soudan au Zambèze.

Signification : Plante herbacée à racine pivotante relativement profonde. A proscrire des plantations de caféiers.

Spilanthes Acmella MURR. Vern.: Tshenda.

Aire géographique : Probablement américaine, mais devenue pantropicale et subtropicale.

Signification : Indique un sol tassé demandant un labour.

La transpiration des végétaux en relation avec l'humidité du sol

par

A. RINGOET,

Ingénieur Agronome Chimiste, Licencié en Sciences Naturelles,

Assistant à la Division de Physiologie de l'Inéac.

I. — INTRODUCTION

La transpiration est une activité de la plante qui dépend d'elle-même et du milieu où elle vit. Le milieu vital de la plante se compose de deux éléments : le sol et l'atmosphère. La mise au point des méthodes de mesure de la transpiration dans la Division de Physiologie, a attiré l'attention sur la grande importance du milieu sol et surtout de la quantité d'eau dans le sol. Cette note est une analyse des premiers résultats obtenus dans ce domaine.

II. — BUT

En physiologie, on considère la transpiration de la plante assez souvent comme une activité plutôt néfaste qu'utile. Cette idée est reprise par l'Agriculture et le but à atteindre dans toute culture est de limiter le plus possible la perte d'eau par transpiration. Il ne faut pas perdre de vue des expériences faites pendant la période 1914-1918 par deux Américains, BRIGGS et SHANTZ. Ces chercheurs établissent le « coefficient de transpiration » des plantes, c'est-à-dire le nombre de grammes d'eau qu'une plante doit transpirer pour donner un gramme de matière sèche. Cette valeur varie d'après la plante, d'après le sol et d'après le climat. Il va de soi que l'eau de composition de la plante ne représente qu'une très petite fraction de la quantité totale absorbée et que la transpiration en consomme la plus grande partie. Dans l'étude du bilan d'eau d'une plante dans un milieu donné, se posent deux problèmes.

1° la transpiration,
2° la croissance.

Au point de vue milieu atmosphère, les cultures se divisent en deux types : culture en plein soleil (palmier à huile) et culture sous ombrage (cacaoyer). Nous ne pouvons rien changer à cet élément atmosphère. Le facteur le plus important dans l'élément sol est la quantité d'eau. Nous pouvons faire varier ce facteur. Dans la présente note, nous donnons les résultats de nos observations sur la transpiration

en fonction de l'humidité du sol et du climat moyen de la région de Yangambi. L'étude ne fournira que quelques indications concernant le second point du problème : la croissance en fonction de l'humidité du sol et du climat moyen du plateau de Yangambi.

III. — MODE OPERATOIRE

La plante servant de matériel d'expérimentation est le palmier à huile (*Elaeis guineensis*) au stade de développement à 8 mois de pépinière. Les palmiers sont transplantés avec une motte de terre dans des seaux. La perte d'eau pour l'ensemble plante-terre-seau est suivie par une simple pesée. Cette perte d'eau est égale à la perte par transpiration et l'évaporation par la surface du sol dans les seaux. Des seaux témoins, remplis de la même terre mais sans plantes, nous donnent par pesée l'évaporation par la surface du sol. La différence entre la perte d'eau par les seaux avec plantes et les seaux témoins, est égale à l'eau transpirée par la plante. Il faut laisser aux plantes un temps de reprise après le repiquage. Après la reprise, il est possible de régler l'humidité du sol par adjonction d'eau ou par évaporation contrôlée. Une fois l'humidité du sol réglée, on détermine le *poids initial* du sujet. Le poids de l'ensemble plante-terre-seau est ramené, après chaque pesée, au poids initial, par adjonction d'eau.

Il est nécessaire de faire une expérience d'assez longue durée afin de soumettre la plante à toutes les fluctuations du climat moyen d'une région. D'autre part, l'expérience ne peut pas durer trop longtemps, à cause d'une erreur indéfinissable due à la croissance des plantes d'expérience. Nous avons choisi une durée de deux mois. Il va de soi que chaque résultat provient d'un certain nombre de répétitions.

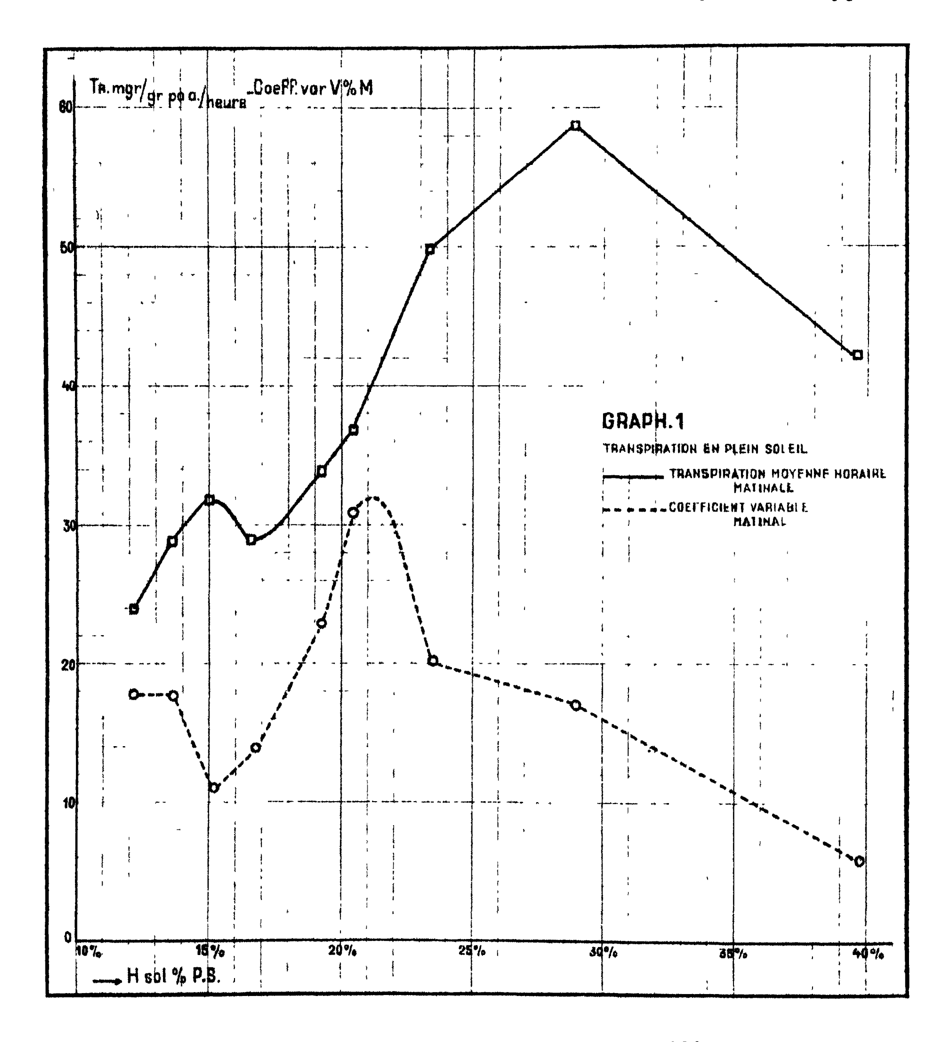
IV. — METHODE D'ANALYSE DES RESULTATS

La base principale de cette méthode d'appréciation est l'idée suivante. L'ensemble plante-milieu (sol et atmosphère) détermine un *niveau de transpiration*. Ce niveau de transpiration est obtenu par la moyenne des transpirations journalières, établies dans des conditions constantes d'humidité du sol. Ces mesures faites sur des séries de plantes de la même espèce, dans les mêmes conditions du climat, mais avec des humidités du sol différentes, nous donnent une idée de l'influence de l'humidité du sol sur la transpiration. D'autre part, les fluctuations journalières autour du niveau de transpiration, établi par l'humidité du sol et pour le climat moyen de la région, proviennent à première vue des variations de tous les facteurs du climat. Une analyse complète des résultats nous a montré que ces fluctuations dépendent aussi de la réserve d'eau de la plante.

L'appréciation mathématique de l'influence de l'humidité du sol est simple : elle consiste dans une comparaison de moyennes. Comment apprécier les fluctuations autour de la moyenne ? Il existe en

statistique un problème complètement comparable à celui-ci, c'est-à-dire l'appréciation de la dispersion des sujets d'une même population autour de la moyenne de la population. Ceci est réalisé par le calcul de la déviation standard (σ).

Nous pouvons calculer les « déviations standards » de nos niveaux de transpiration. Ces « déviations standards « dépendent, comme en statistique, de la valeur absolue de la moyenne, en tout cas indirectement. Afin de comparer des « déviations standards » de différents niveaux de transpiration, nous devons les ramener à la valeur moyenne de chaque niveau. Une autre formule de la statistique est d'appli-



cation : le coefficient de variabilité, égal à $V = \frac{100\,\sigma}{M}$ (V = coefficient de variabilité, σ = déviation standard, M = la moyenne de transpiration).

V. — RESULTATS

Les résultats obtenus sont :

1. La transpiration horaire moyenne journalière, en mgr. d'eau par gr. de partie aérienne (24 h.).
2. La transpiration horaire moyenne de la matinée (7 h. à 12 h.).
3. La transpiration horaire moyenne de l'après-midi (12 h. à 16 h.).
4. La transpiration horaire moyenne de la nuit (16 h. à 7 h.).
5. Le coefficient de variabilité de la transpiration journalière en % de la transpiràtion moyenne.
6. Le coefficient de variabilité de la transpiration matinale.
7. Le coefficient de variabilité de la transpiration de l'après-midi.
8. Le coefficient de variabilité de la transpiration nocturne. A neuf humidités du sol différentes (% P. S.) et dans deux conditions atmosphériques différentes (en plein soleil et sous ombrage).

Les résultats résumés au tableau 1 et aux graphiques 1 et 2 ne valent que pour le palmier à huile.

TABLEAU 1.

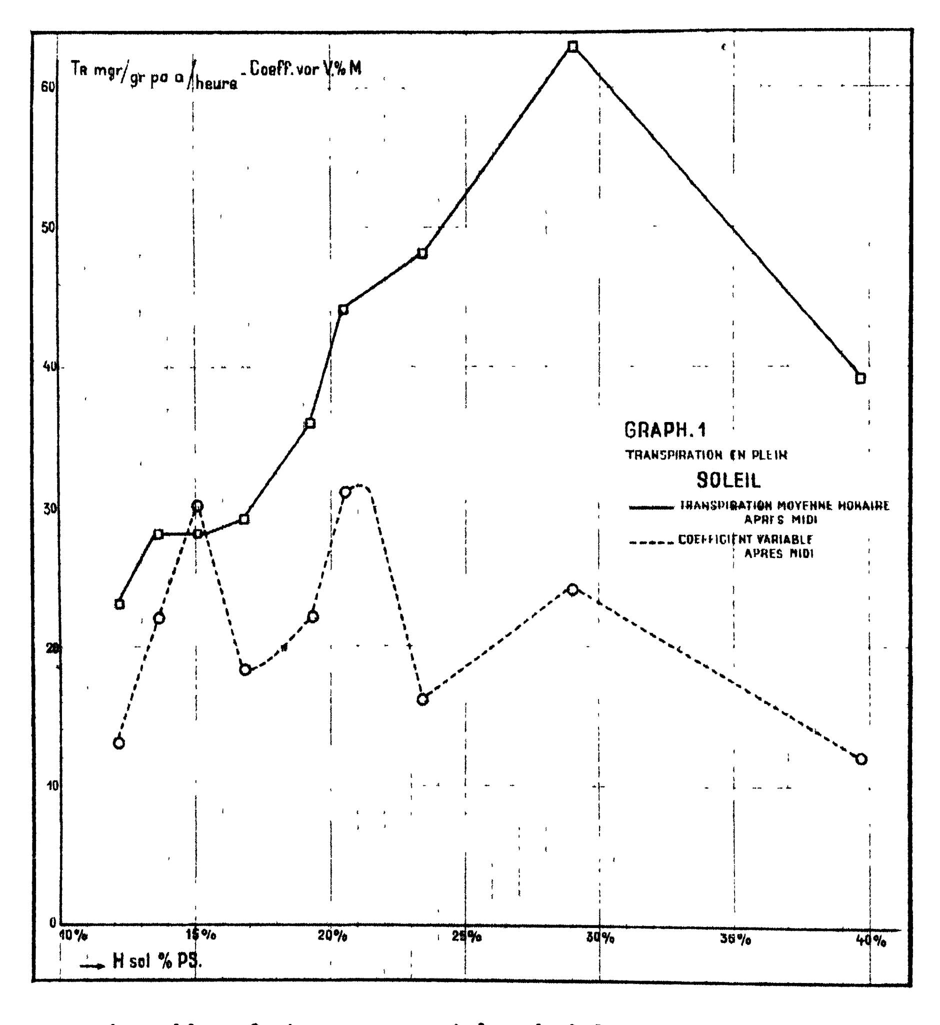
Hum % P.S.	Tr. hor. jour		Tr. hor. matin		Tr. hor. apr.-midi		Tr. hor nuit	Var. jour		Var. matin		Var. apr -midi		Var. nuit
	soleil	ombre	soleil	ombre	soleil	ombre	ombre	soleil	ombre	soleil	ombre	soleil	ombre	ombre
			—	—	—	—	—	10,7	—	—	—	—	—	—
12,2	10,4	4.0	24	5,8	23	12,5	2,5	10,0	24,5	18	26	13	20	12
13,7	12,0	4,6	29	6,6	28	13,7	2,2	11,0	16,5	18	27	22	16	11
15,1	12,2	4,2	32	—	28	—	2,1	9.0	25,0	11	—	30	—	16
16,7	12,2	5,7	29	10,0	29	16,0	2,2	9,5	18,0	14	28	18	20	20
19,3	14,5	4,3	34	9'6	36	11,5	2,2	18,5	25,5	13	34	22	15	16
20,5	16,5	4,7	37	9,6	44	14,0	2,3	26,0	28,5	31	16	31	13	17
23,3	21,8	7,3	50	14,0	58	21.0	2,3	13,0	21,0	20	27	16	27	23
29,0	21,2	5,3	59	10,8	63	17,7	1,9	9,5	26,5	17	38	24	22	10
39,7	16,2	6,3	42	13,0	39	16,0	1,7	7,1	17,0	5,6	14	12	13	30

Les graphiques donnent les valeurs totales de la transpiration nocturne à cause de la faible valeur horaire.

Le tableau 2 donne le développement végétatif du palmier à huile en fonction de la quantité d'eau dans le sol. Il s'agit de trois séries de palmiers en pots : les sujets de la série A. se trouvent dans un sol dont l'humidité varie entre 12 % et 17 %, les sujets de la série B. entre 15 % et 23 % et ceux de la série C. entre 19 % et 40 %. Dans les trois séries, le même sol a été employé.

TABLEAU 2.

Séries:	Série A.	Série B.	Série C.
Poids moyen de la partie aérienne en grammes	897	1 198	1 230
σ de la moyenne	223	278	184
V. de la moyenne	25	24	15



Le tableau 3 résume un essai de calcul du coefficient de transpiration du palmier à huile. Ce coefficient de transpiration est donc le nombre de gr. d'eau, nécessaire à former 1 gr. de matière sèche du palmier à huile. Cette expérience a eu lieu sous ombrage. Il s'agit de deux séries : la série A. a une humidité du sol moyenne (15 %), la série B. a ± 20 %.

TABLEAU 3.

Données	Série A.	Série B.
Nombre de sujets.	24	21
P. f. tot. partie aérienne gr. fin exp.	781	754
P. f. feuilles gr. . . .	559	528
P. f. tiges gr	267	245
P. s. partie aérienne gr .	301	283
P s. feuilles gr	180	175
P. s. tiges gr.	101	108
P. s. racines gr	96	87
P s plante entière .	397	370
P s. moyen fin exp	16,6	17,6
P. s. moyen début .	2,1	2,1
P. s. formé en gr. . . .	14,5	15,5
Transpiration en gr	62 658 gr.	73.068 gr.
Coefficient de transpiration . . .	180 gr.	225 gr.

VI. — ANALYSE DES RESULTATS

Le sol de l'expérience est un peu plus sablonneux que le sol moyen de Yangambi, les valeurs d'humidité du sol sont légèrement en dessous de la réalité. L'analyse du tableau 1 et des graphiques montre :

1. La transpiration n'est pas une fonction linéaire de l'humidité du sol.

2. La transpiration n'est pas une fonction linéaire de l'intensité de la somme des facteurs du milieu atmosphère pour une humidité du sol définie et constante.

3. La transpiration moyenne de la plante dépend de la force de rétention d'eau du sol, de la quantité d'eau dans la plante et des conditions de l'atmosphère.

4. La force de rétention d'eau du sol a été déterminée par M. FRIPIAT, Assistant à la Division d'Agrologie de l'Inéac (1).

5. La quantité d'eau dans la plante dépend de la force d'absorption d'eau de la plante et de la perte d'eau par cette plante.

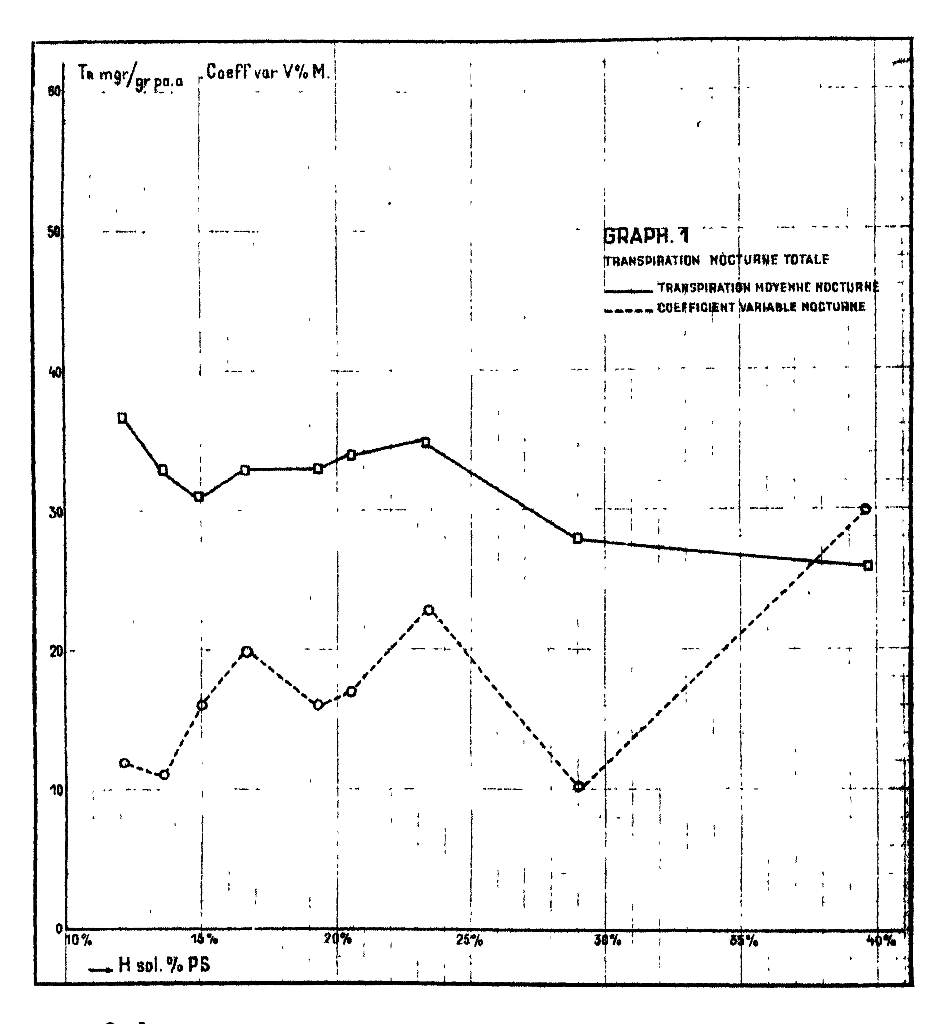
6. La force d'absorption d'eau de la plante dépend de la force de rétention d'eau du sol, et du milieu atmosphère.

7. Les fluctuations autour du niveau de transpiration dépendent des variations des facteurs du milieu atmosphère et de la *réserve d'eau*

(1) Nous remercions M. FRIPIAT de tous les renseignements qu'il a bien voulu nous donner concernant la force de rétention d'eau du sol. Grâce aux résultats de ses expériences, les rapports humidité du sol-transpiration ont pu trouver une explication.

dans la plante, en plus de la quantité d'eau demandée par le niveau de transpiration.

8. La quantité d'eau maximale qu'une plante peut transpirer est égale à la somme de son niveau de transpiration et de la quantité d'eau de réserve. Après la perte de cette quantité maximale, elle perd son eau de composition et se flétrit (1).



9. La quantité minimale qu'une plante peut transpirer (toujours à une humidité du sol constante et à l'exception des jours de pluie) est égale à son niveau de transpiration moins le coefficient de variabilité.

(1) Nous employons le mot fanaison pour le « permanent wilting » des Anglais, c'est-à-dire le phénomène *non réversible* sans adjonction d'eau au sol. Nous employons flétrissement pour le phénomène simple et *réversible* sans adjonction d'eau au sol.

10. La fanaison de la plante correspond avec une force de rétention tellement grande que la quantité d'eau disponible ne compense plus la transpiration minimale de la plante dans ce milieu.

11. Le bilan d'eau d'une plante saine est toujours en équilibre. Cet équilibre varie d'après les humidités du sol.

12. Entre 12 % et 17 % la transpiration est réglée par l'eau disponible dans le sol. L'eau disponible dépend surtout de la force de rétention d'eau du sol.

13. Entre 17 % et 21 % la transpiration est dominée encore par l'eau disponible dans le sol. Cette eau dépend de la force d'absorption d'eau de la plante.

14. La transpiration dépend de la force d'absorption de la plante (21 % à ± 30 %).

15. La transpiration dépend d'un facteur en dehors de l'équilibre normal de la transpiration : le manque d'aération des racines (± 30 %).

16. En ce qui concerne le développement végétatif en fonction de la quantité d'eau dans le sol, on constate que les sujets des séries B. et C. qui ont été pendant toute la durée de l'expérience dans un sol à des humidités entre 15 % et 40 %, montrent à la fin de cette expérience un poids frais moyen de la partie aérienne de 1,200 gr. Par contre, les plantes de la série A. n'atteignent que 900 gr., malgré un même poids frais moyen au départ dans les différentes séries de l'expérience. La comparaison des coefficients de variabilité (V) de ces différentes séries montre aussi un développement beaucoup plus régulier dans la série C.

17. Le coefficient de transpiration du palmier à huile est égal à + 200 dans le milieu de Yangambi (sol et atmosphère à l'ombre).

CONCLUSIONS

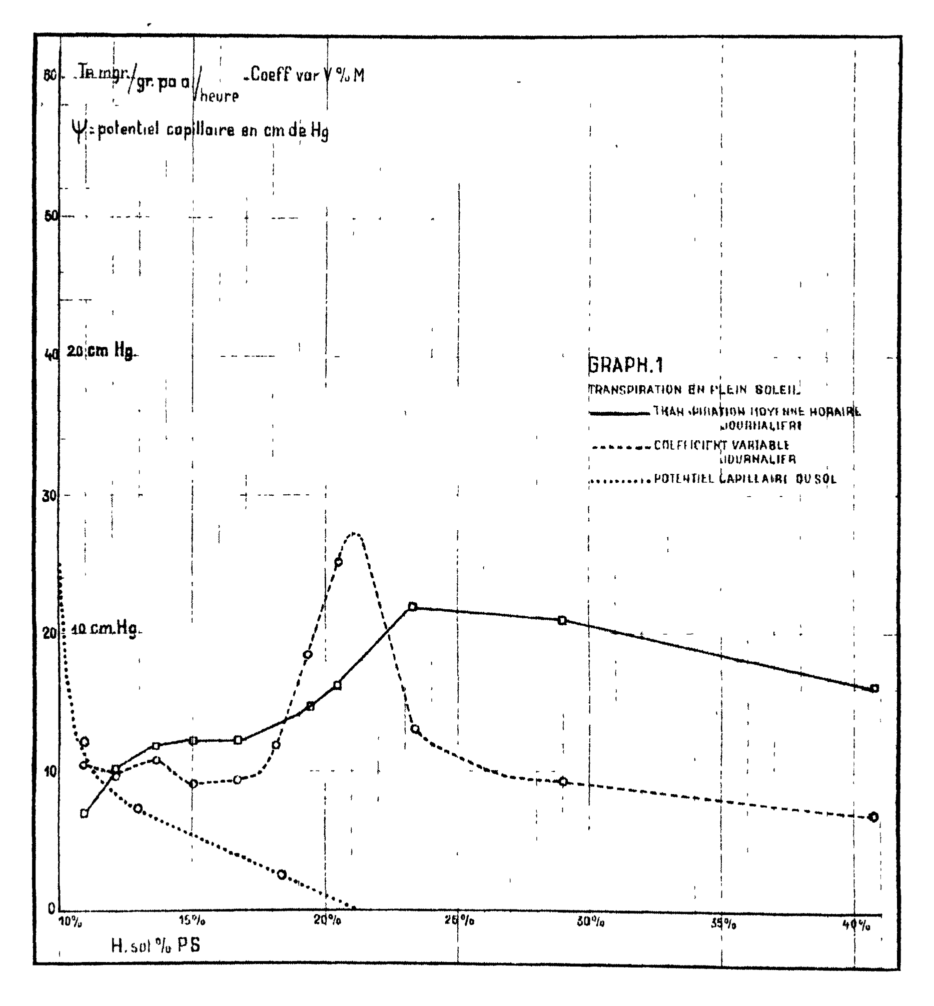
1. Les expériences faites par FRIPIAT montrent que la force de rétention d'eau du sol moyen de Yangambi est plus grande que la force de rétention d'eau du sol de l'expérience. Cette force de rétention d'eau, par son influence sur l'eau disponible du sol, règle la transpiration des végétaux entre 10 % et 17 % d'humidité du sol (% P. S.) (voir 6. 12). D'après des expériences faites par la Division d'Agrologie, l'humidité moyenne du sol à Yangambi plateau est 15 % avec des valeurs extrêmes à 10 % et 20 %.

La transpiration des végétaux dépend dans la région de Yangambi de l'eau disponible dans le sol. Cette conclusion est vraie pour les plantes en plein soleil et sous ombrage.

2. Le coefficient de variabilité du niveau de transpiration moyen de la journée entre 10 % et 17 % atteint une valeur moyenne de 10. La réserve d'eau dans la plante permet à la transpiration des fluctuations qui représentent une valeur de 10 % du niveau de transpiration sous l'influence des variations des facteurs du milieu atmosphère.

La différence de transpiration entre la journée la plus favorable au point de vue transpiration, et la journée la moins favorable (à l'exception des jours de pluie) n'est que de 20 % du niveau de transpiration. L'influence des fluctuations des facteurs du milieu atmosphère est très limitée. Sous ombrage, cette différence atteint 40 % du niveau de transpiration.

3. L'influence maximale des variations des facteurs du milieu atmosphère est ± 30 % du niveau de transpiration, aussi bien en plein soleil qu'à l'ombre.



4. Il n'est possible de comparer l'influence des conditions atmosphériques de la matinée avec celles de l'après-midi qu'au point de vue d'une même réserve relative d'eau dans les plantes pendant ces périodes. En plein soleil, ceci est réalisé à 20,5 % d'humidité du sol (V = 31). La transpiration moyenne horaire de la matinée est 37 mgr.

par gr. de pa. a. Celle de l'après-midi : 44 mgr./gr. pa. a. Sous ombrage, la réserve relative d'eau est la même à 23 % (V = 27).

Transpiration horaire moyenne de la matinée : 14 mgr./gr. pa. a.

Transpiration horaire moyenne de l'après-midi : 21 mgr./gr de pa. a.

Le pouvoir évaporant de l'après-midi (12 h.-16 h.) en plein soleil est 19 % (de la valeur de la matinée) plus grand que le pouvoir évaporant de la matinée (7 h. à 12 h.). A l'ombre, il y a une différence de 50 % de la valeur de la matinée. L'intensité lumineuse aurait un effet limitant sur le pouvoir évaporant de l'après-midi.

5. La plante a une tendance à augmenter sa transpiration nocturne et, par conséquent, son absorption d'eau pendant la nuit à de faibles humidités du sol. Ainsi elle compense le manque d'absorption et de transpiration pendant la journée (croissance).

6. Un excès d'eau dans le sol diminue la transpiration et l'absorption. Cette diminution est la conséquence d'une asphyxie des racines.

7. Le phénomène du flétrissement d'une plante n'est pas lié à la quantité d'eau dans le sol mais dépend de la réserve relative d'eau de la plante. Ainsi se fait-il que pendant l'après-midi, un palmier dans un excès d'eau (40 %) flétrira plus vite qu'un palmier à une humidité du sol de 15 % (voir coefficients de flétrissement).

8. La fanaison est un phénomène qui dépend uniquement de la force de rétention d'eau du sol.

9. Il est justifié d'introduire les nouveaux principes suivants :

a) *La réserve d'eau de la plante* (le coefficient de réserve d'eau) est une quantité moyenne d'eau, dont la plante dispose en cas d'augmentation du pouvoir évaporant de l'atmosphère au-dessus de la moyenne.

Elle peut être exprimée en % du niveau moyen de la transpiration (valeur relative qui est égale au coefficient de variabilité du niveau), en mgr. par gr. de partie aérienne de la plante (réserve d'eau en chiffres absolus) ou en % du poids frais de la partie aérienne de la plante (le coefficient de réserve est une valeur spécifique).

b) *Le coefficient de flétrissement* est la quantité maximale d'eau dont la plante dispose comme adaptation aux exigences du milieu atmosphère, exprimée en % du niveau de transpiration. Cette valeur est *une mesure de la possibilité* de résistance de la plante au flétrissement (wilting-coefficient). Le coefficient de flétrissement varie entre 10 % et 60 % de la transpiration moyenne.

c) *L'eau disponible du sol :* la quantité d'eau que la force d'absorption de la plante parvient à enlever au sol, malgré l'opposition directe ou indirecte (forces de cohésion) de la force de rétention d'eau du sol.

10. Les résultats de cette expérience permettent de calculer pour le palmier à huile :

Tr mgr/gr p.a.o/heure - Coeff. var V% M

40
30
20
10
0

10% 15% 20% 25% 30% 35% 40%

→ H. sol % P.S.

GRAPH. 2

TRANSPIRATION SOUS

OMBRAGE

TRANSPIRATION HORAIRE MOYENNE APRES-MIDI

COEFFICIENT VARIABLE APRES MIDI

Tr mgr/gr p.a.o/heure - Coeff. var. V% M

40
30
20
10
0

10% 15% 20% 25% 30% 35% 40%

→ H sol % P.S.

GRAPH 2

TRANSPIRATION SOUS

OMBRAGE

TRANSPIRATION HORAIRE MOYENNE MATINALE

COEFFICIENT VARIABLE MATINAL

a) *La force résultante de montée de l'eau* dans la plante au soleil. Elle est égale à 4.3 à 5.2 × 10-16 atm. ou 4.4 à 5.2 × 10 — 10 dynes par cm^2 de surface foliaire simple;

b) *Le travail* fait par cette force de montée est égal à 510 à 670 × 10 — 10 ergs par cm^2 de surface foliaire simple;

c) *La force d'absorption* d'eau au soleil égale à 4,25 à 6,28 × 10^1 dynes par cm^2 de poils absorbants des racines;

d) *La force d'absorption* d'eau à l'ombre : 1,32 × 10^1 dynes par cm^2 de poils absorbants.

11. Les humidités les plus favorables au point de vue croissance se situent entre 17 % et 30 %. Comme dit ci-avant, l'humidité moyenne du sol de Yangambi est 15 % avec des extrêmes à 10 % et 20 %. Il est donc plutôt rare que la plante trouve assez d'eau pour sa croissance. Le facteur limitant de la croissance dans la région de Yangambi-plateau et toutes les régions semblables est *l'eau.* La région de Yangambi est une région sèche, non par ses conditions atmosphériques (pluviosité 1,800 mm.) mais par le manque d'eau disponible dans le sol (voir concl. 1.) Cette conclusion est vraie pour les plantes en plein soleil et sous ombrage.

12. Le coefficient de transpiration du palmier à huile est ± 200 à l'ombre. Le coefficient en plein soleil est plus bas qu'à l'ombre. Dans la littérature concernant le coefficient de transpiration (surtout BRIGGS et SHANTZ) des valeurs du coefficient plus bas que 200 sont très rares. Ce fait et plusieurs indications sur d'autres plantes de la région tropicale permettent de supposer que la quantité d'eau nécessaire à former 1 gr. de matière sèche de la végétation tropicale est moins grande que celle des régions tempérées. Si ceci se vérifie dans les expérinces prévues à ce moment, le coefficient de transpiration assez bas des régions comme celle de Yangambi serait une heureuse compensation du manque d'eau disponible dans le sol.

13. Il paraît justifié d'attirer l'attention sur quelques questions au point de vue méthodes culturales :

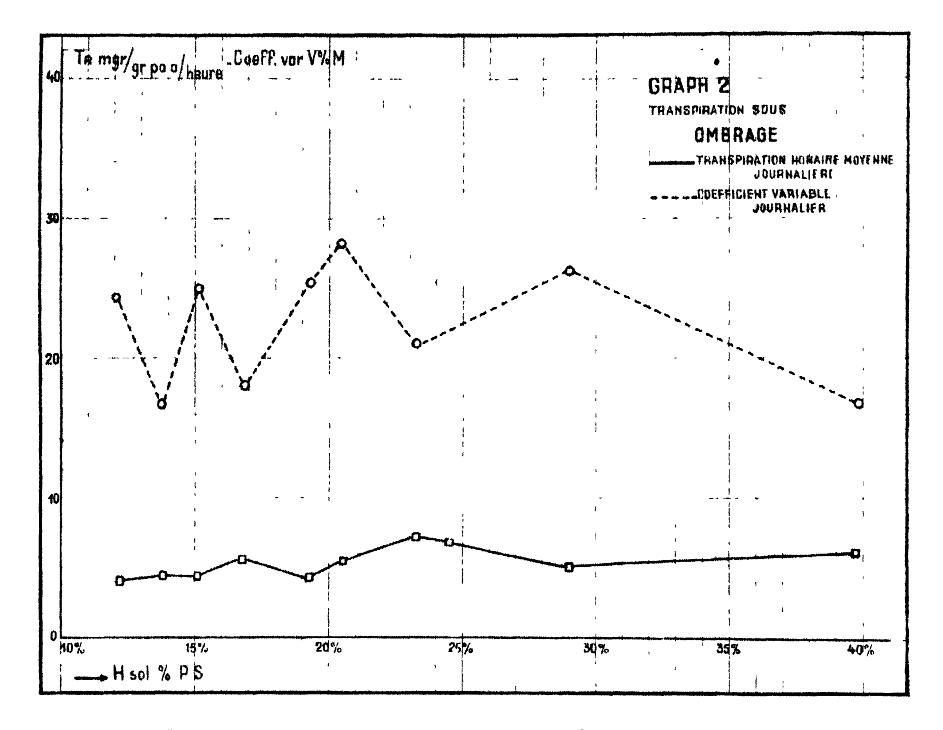
a) Une irrigation du terrain de culture qui augmente le pourcentage d'eau de p. ex. 13 % à 15 % ne sert à rien. Une irrigation doit augmenter l'humidité du sol au moins jusqu'à 19 % — 20 % dans la région de Yangambi (plateau);

b) L'ombrage très léger des plantations de caféiers ne peut avoir aucun effet au point de vue réduction de la transpiration de cette culture (cf. Concl. 2.)

Il est même probable que les arbres d'ombrage font perdre plus d'eau par leur propre transpiration qu'ils n'en conservent au sol par la limitation de la transpiration de la culture elle-même. L'effet régulateur de la production, constaté dans cette méthode de culture, doit avoir une autre cause que la diminution de la transpiration.

c) Une méthode culturale consiste dans la coupe des plantes de couverture au début de la saison sèche, sous prétexte de diminuer ainsi la quantité d'eau perdue par la transpiration de cette couverture et de conserver cette eau pour la plante de culture. Le problème n'est pas si simple. Cette couverture repousse : elle absorbe une quantité d'eau *constante* à reformer sa matière verte.

Par contre, la transpiration des plantes de couverture est réduite pendant la saison sèche. La question à résoudre est la suivante : des



plantes de couverture, qui repoussent pendant la saison sèche, emploient-elles plus ou moins d'eau que la quantité d'eau qu'on conserve au sol par la coupe de cette couverture ?

d) Un excès d'eau est aussi néfaste pour une culture qu'un manque d'eau.

Un excès d'eau *réduit* la transpiration par asphyxie des racines. Une bonne méthode culturale devrait pouvoir conserver au sol une humidité constante (entre 17 % et 30 % pour la région de Yangambi.) Une méthode culturale qui ne s'occupe que de la réduction de l'évaporation par la surface du sol, n'atteint pas son but.

J'exprime mes sentiments de reconnaissance à M. GILBERT, Chef de la Section Scientifique de l'Inéac, qui m'a aidé par ses idées et conseils au cours de l'élaboration de cette étude.

Aperçu sur la Climatologie du Sol au Congo belge

par

A. VANDENPLAS
Licencié ès Sciences

Au moment où il est question d'une réorganisation de la météorologie au Congo belge, il nous paraît opportun d'attirer l'attention sur l'importance que revêt l'étude du climat du sol.

Pour le géologue, la couche externe, relativement mince, formée par les terrains superficiels, ne présente qu'un intérêt secondaire. Cette formation lui apparaît le plus souvent comme un manteau gênant qui lui cache les affleurements et l'empêche d'observer les roches et les couches en place.

Au contraire, si l'on se propose d'étudier le milieu, l'étude du sol revêt un intérêt primordial. Le sol constitue la partie vivante de la croûte terrestre, il donne asile aux organismes vivants souterrains, il présente des changements continus comme un être vivant, alors que la roche-mère a une composition physique et chimique constante. Agafonoff définit le sol comme étant la couche superficielle de la terre ferme, plus ou moins tendre et friable, qui résulte de la décomposition et de la transformation de la roche-mère sous-jacente sous l'influence des agents physico-chimiques et biologiques.

L'étude du sol dépend de deux disciplines, la pédologie et la climatologie qui, tout en possédant de nombreux points communs, ont néanmoins leurs domaines propres et particuliers.

La pédologie étudie sur le sol en place, ses horizons successifs, leur structure, leur couleur, leur faune, leur flore; de même, elle en étudie la composition physico-chimique et la constitution minéralogique en se basant sur des échantillons recueillis, elle recherche à déterminer la genèse du sol aux dépens de la roche-mère, sa classification génétique et les transformations qui constituent sa vie propre; ceci en s'aidant des constatations relatives aux régimes pluviométrique et thermique de la région, ainsi qu'aux caractères géologiques et géophysiques de cette dernière (Agafonoff).

Le but de la climatologie du sol est d'observer, au voisinage du sol et au sein de celui-ci, l'évolution des différents éléments climatiques qui déterminent le développement de la croûte terrestre. La climatologie du sol revêt un intérêt primordial : en effet, ce sont les

facteurs climatiques qui jouent directement ou indirectement le rôle essentiel dans la formation des sols. Les modifications brusques de la température, les gelées, l'infiltration et le ruissellement des eaux, l'action du vent, l'érosion, etc... sont les principaux facteurs climatiques qui agissent directement sur la roche.

En dissolvant les sels et les colloïdes, l'eau forme des solutions très mobiles qui sont attirées vers l'extérieur par l'évaporation si le climat est chaud et sec. Au contraire, si le climat est chaud et frais, les eaux de pluie, en traversant le sol de haut en bas, entraînent avec elles ces solutions vers la profondeur. Le régime des pluies et leur abondance agissent donc également d'une façon directe sur la formation des sols.

La formation de l'humus, constitué par les matières organiques provenant de la décomposition des plantes, dépend du climat, puisque, d'une part, la végétation varie avec celui-ci, et que, d'autre part, la vitesse de décomposition des restes organiques est fonction de l'humidité et de la température du sol.

De plus, une fois fermé, le sol continue d'évoluer par suite de l'action des mêmes facteurs et sous des conditions climatiques déterminées, le sol mûr a tendance à prendre un type déterminé que l'on appelle le sol climatique.

Ce court aperçu met en évidence les différents facteurs climatiques du sol qu'il serait intéressant de mesurer dans les différentes stations climatologiques principales du Congo belge. L'équipement de telles stations devrait permettre la mesure de la température, de la chaleur spécifique, de l'humidité, de l'évaporation, de la perméabilité des sols, etc...

TEMPERATURE DU SOL

Jusqu'à présent, au Congo belge, les mesures des températures du sol à différentes profondeurs ont été effectuées, à l'aide de thermomètres ordinaires à mercure, dans quelques stations seulement. Le réservoir de ces thermomètres est généralement sphérique et gros, leur tige capillaire est suffisamment longue de manière que l'extrémité de la colonne de mercure dépasse toujours le niveau du sol. Les observations furent effectuées trois fois par jour, respectivement à 8 h., 12 h. ou 14 h., et 18 h. Le grand inconvénient de ces thermomètres résulte du fait que, par leur emploi, il est impossible d'obtenir une observation continue et régulière et, de ce fait, impossible de calculer les amplitudes diurne et mensuelle.

De même, on ne peut déterminer les moments où se placent les températures extrêmes dans les différentes couches et, par conséquent, on arrive difficilement à se faire une idée de la propagation des températures extrêmes dans les différents types de sol.

Actuellement, les couples thermo-électriques ou les thermomètres à résistance électrique permettent d'enregistrer simultanément,

d'une manière continue, les températures à différentes profondeurs. Ainsi, à l'aide des thermogrammes fournis par ces instruments et les observations effectuées aux thermomètres à mercure, on pourrait déterminer les variations diurne et mensuelle de la température dans les différents types de sol du Congo belge. En dehors des appareils électriques qui viennent d'être mentionnés, il existe également, d'une part, des thermomètres du sol à gaz, d'autre part, des thermomètres enregistreurs du sol dont le principe de fonctionnement est uniquement mécanique.

De tels appareils enregistreurs, électriques ou non, compléteraient adéquatement les stations où l'on effectue déjà, à heures fixes, des observations du sol à différentes profondeurs.

CHALEUR SPECIFIQUE

Pour mesurer la chaleur spécifique des sols, la méthode suivante, expérimentée par Reynaud-Beauverie, nous paraît applicable au Congo belge. Il suffit de chauffer à une température déterminée T un poids P de sol que l'on plonge dans la masse d'eau M d'un calorimètre de température t. Lorsque l'équilibre est établi, on note la température t' du mélange. La quantité de chaleur perdue par le sol sera égale à la quantité de chaleur gagnée par l'eau; dès lors, si l'on désigne par x la chaleur spécifique du sol, on aura :

$$Px\ (T - t') = M\ (t' - t)$$

et

$$x = \frac{M\ (t' - t)}{P\ (T - t')}$$

Un matériel pratique est constitué par une simple bouteille de thermos, si p_1 désigne le poids de l'enveloppe interne, la chaleur spécifique du verre étant 0,198, on aura :

$$Px\ (T - t') = (M + 0{,}198\ p_1)\ (t' - t)$$

Le poids p_1 étant connu, on place la terre dans un sachet allongé d'étoffe très mince et de poids négligeable. A l'aide d'un fil résistant, le sachet est ensuite plongé dans le thermos.

HUMIDITE ET EVAPORATION

L'humidité du sol, définie par la quantité d'eau contenue dans un volume ou poids déterminé de sol, se mesure facilement.

On chauffe dans une étuve, à une température très élevée, un poids déterminé de sol; après complète dessiccation, on pèse à nouveau le sol qui a été introduit dans l'étuve; la différence des deux poids donne la quantité d'eau contenue dans le sol.

Ces derniers temps, plusieurs méthodes furent expérimentées pour obtenir un enregistrement continu de l'humidité du sol. Notre attention fut attirée par la méthode diélectrique utilisée par E. F. Wallihan au « Department of Agronomy, Cornell University, Ithaca, N. Y. ».

L'appareil préconisé par E. F. Wallihan est un condensateur composé d'un cylindre en cuivre, verni d'un produit isolant entouré d'une couche de plâtre sur laquelle s'enroule un fil conducteur en cuivre. Ce dispositif permet un bon contact entre le milieu poreux (couche de plâtre) et le sol. La capacité du condensateur étant fonction de l'humidité du sol, sert à mesurer celle-ci. La méthode est basée sur l'emploi de courants alternatifs de 1 à 100 kilocycles.

Pour l'évaporation à la surface du sol, on peut utiliser les divers procédés employés actuellement en climatologie. Avec les précipitations et l'écoulement, l'évaporation est un des principaux facteurs qui déterminent le régime hydrologique d'une région. En se basant sur des mesures exactes, on arrive, pour des régions limitées, à calculer les pertes d'eau pendant une certaine période.

PERMEABILITE ET INFILTRATION

L'installation du lysimètre nécessite la construction d'une petite cave dont le plafond est situé à une profondeur déterminée.

L'appareil est constitué par un cylindre en acier que l'on plonge dans le sol. La partie inférieure du cylindre repose sur les parois d'un cône en acier terminé par un tube qui traverse la voûte de la cave. Au cours des saisons sèches, on peut donc se faire une idée de la sécheresse qui sévit dans le sol où se trouve installé le lysimètre.

En plaçant un lysimètre sous un sol nu et un autre sous le même sol couvert de végétation, on peut déterminer l'influence de la végétation sur l'infiltration de l'eau dans le sol.

Sur le terrain, pour mesurer la perméabilité des sols, on enfonce un cylindre d'acier dans le sol jusqu'à mi-hauteur, on verse ensuite une quantité déterminée d'eau dans le cylindre et on note le temps nécessaire pour sa complète infiltration. Dans une station climatologique, l'installation du lysimètre en permanence permet de mesurer la perméabilité du sol à différentes époques de l'année.

VENT

L'anémomètre Badin est un instrument de volume réduit qui donne, par lecture directe, la vitesse instantanée des vents auxquels on l'expose. Il convient très bien pour mesurer la vitesse instantanée du vent dans les couches voisines du sol.

L'appareil se compose d'un petit manomètre de la forme et de la dimension d'une montre, surmonté d'un Venturi spécial à deux prises d'air dont la différence de pression mesurée par le manomètre est fonction du carré de la vitesse de l'air.

Pour la mesure continue du vent, on peut utiliser de petits anémomètres totalisateurs. L'arbre du moulinet engrène, par vis sans fin, une petite roue dont l'axe transmet son mouvement au compte totalisateur.

Ce court aperçu met en évidence l'importance de la climatologie du sol et donne une description succincte de quelques instruments susceptibles de faire partie de l'équipement d'une station climatologique. Il serait grandement souhaitable que des études climatologiques du sol soient entreprises dans les différentes régions naturelles du Congo belge. Actuellement, il existe au moins une station climatologique de premier ordre par région naturelle.

Parmi les principales, citons Yangambi, Eala, Léopoldville, Elisabethville, Tshibinda, etc..., où l'on devrait pourvoir à l'installation d'appareils analogues à ceux que nous venons de décrire.

Un tel équipement permettrait la mesure des différents facteurs climatiques qui jouent un rôle primordial dans la formation des sols.

Les observations climatologiques du sol au Congo belge apporteraient, au même titre que les observations au sol et au-dessus du sol, une contribution importante, non seulement à l'étude du sol, mais également à l'étude du milieu.

COMMUNICATION N° 48.

Petite Contribution à l'Etude de l'Ecologie de la Région de Costermansville

par

R. THOMAS,
Ingénieur Agronome et Forestier A. I. Gx.

La publication par la Station Météorologique de Costermansville des résultats de ses observations des douze dernières années (voir *Bulletin Agricole du Congo Belge* 1947 n° 2 pp. 351 et suivantes) nous a amené à calculer les *indices d'aridité mensuels* basés sur les moyennes mensuelles des chutes de pluie et des températures qui y sont indiquées, puis à les faire suivre de quelques commentaires à l'usage des planteurs.

Ces indices d'aridité mensuels sont les suivants :

Janvier $= \dfrac{142{,}2 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}1 + 10} = 56{,}657 > 40$

Février $= \dfrac{153{,}5 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}3 + 10} = 60{,}792 \quad > \quad 40$

Mars $= \dfrac{143{,}7 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}3 + 10} = 56{,}910 \quad > \quad 40$

Avril $= \dfrac{139{,}8 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}3 + 10} = 52{,}066 \quad > \quad 40$

Mai $= \dfrac{97{,}4 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}4 + 10} = 38{,}447$ entre 20 et 40

Juin $= \dfrac{25{,}6 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}4 + 10} = 10{,}105 \quad < \quad 20$

Juillet $= \dfrac{15{,}8 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}6 + 10} = 6{,}196 \quad < \quad 20$

Août $= \dfrac{31{,}8 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}9 + 10} = 12{,}349 \quad < \quad 20$

Septembre $= \dfrac{105{,}9 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}7 + 10} = 41{,}068 \quad > \quad 40$

Octobre $= \dfrac{143{,}8 \text{ m/m} \times 12}{20^{\circ}3 + 10} = 57{,}027 \quad > \quad 40$

Novembre $= \dfrac{156 \text{ m/m} \times 12}{19^{\circ}8 + 10} = 62{,}815 \quad > \quad 40$

Décembre $= \dfrac{169{,}5 \text{ m/m} \times 12}{19^{\circ}7 + 10} = 68{,}484 \quad > \quad 40$

Moyenne des 12 indices *mensuels* = 43,743.

Indice *annuel* (formule de Martonne) sur moyenne annuelle = $\dfrac{1.324{,}8 \text{ m/m}}{20^{\circ}3 + 10} = 43{,}7$

L'indice mensuel le plus bas est celui de juillet et plus haut, celui de décembre.

Les mois *secs* (Indice < 20) sont au nombre de 3 (juin, juillet, août).

Les mois *humides* (Indice entre 20 et 40) sont représentés par UN SEUL mois (mai).

Les mois *très humides* (Indice > 40) sont au nombre de 8 (les 4 premiers et les 4 derniers de l'année).

En raison de sa situation au bord et presque à l'entrée des gorges de la rivière Ruzizi, cette station enregistre des résultats d'observations qui, très probablement, ne sont pas exactement représentatifs du

climat de la région de Costermansville, lequel est aussi, pensons-nous, celui de la partie voisine du Ruanda.

Cette région de Costermansville, quant au climat, nous la délimitons très approximativement comme suit : au Sud, un parallèle passant par les Missions de Ngweshe et de Nya-Gezi et prolongé jusqu'à la rivière Ruzizi; à l'Est, le cours de cette dernière et la rive occidentale du lac Kivu jusqu'un peu au Nord du parallèle de Kabare; au Nord-Ouest, une droite joignant la Mission de Ngweshe à Kabare et prolongée jusqu'à la rive occidentale du lac Kivu.

Ainsi délimitée, ladite région, dont la surface est de 400 à 450 km², est loin de présenter un climat homogène; l'altitude et l'orientation, notamment, y déterminent divers microclimats parfois assez dissemblables, tels ceux des environs de Ngweshe et de Nya-Gezi, pensons-nous, susceptibles de montrer peut-être des groupements d'indices mensuels quelque peu plus différents encore des groupements ci-dessus, que les groupements présumés par nous être plutôt ceux des environs assez immédiats de Costermansville, à savoir :

4 mois secs, 1 mois humide et *7 mois très humides.*

Comparons de tels groupements d'indices mensuels à d'autres que, sous réserve de plus grande précision, nous avions calculés antérieurement (1) et qui sont :

Forêt ombrophile de montagne : mois secs = 0, mois humides = 1, mois très humides = 11.

Forêt équatoriale ± tropophile, bordant la cuvette centrale : mois secs = 2, mois humides = 2, mois très humides = 8.

Savanes diversement arborescentes : mois secs = 4, mois humides = 2, mois très humides = 6.

Nous constatons que les groupements d'indices les plus voisins sont ceux des environs de Costermansville et ceux des savanes diversement arborescentes.

Cette constatation nous paraît bien corroborer ce qu'en substance nous écrivions récemment (2) au sujet d'une forêt assez sèche — donc différente de la forêt ombrophile de montagne que l'on rencontre encore au delà de 2.000 mètres d'altitude — aujourd'hui disparue et qui couvrait la zone de collines du Sud et du Sud-Ouest du lac Kivu, entre la rive de celui-ci (à peine 1.500 mètres d'altitude) et la cote de ± 1.700 mètres. Si nous revenons à cette opinion, c'est qu'elle nous a paru avoir rencontré quelque étonnement chez certains résidents du Kivu, non particulièrement versés en une telle matière, d'ailleurs.

(1) R. THOMAS. — A propos de l'indice d'aridité. *Bull. Agr. Congo Belge,* V. I. XXXV, 1944, 1-4, p. 168.

(2) R. THOMAS. — Quelques considérations sur le double problème des forêts et des sols du Nord-Est congolais et plus spécialement du Kivu, *Revue d'Agron. Col.,* n° 7, Costermansville. 1947.

Il ne faut non plus omettre de faire intervenir, en l'occurrence, l'influence du facteur édaphique; suivant la pente, la nature physique, le type et la densité de la couverture morte ou vivante des terrains, les degrés de perméabilité et de rétentivité du sol vis-à-vis de l'eau pluviale pourront varier assez fortement, au point que, compte tenu des pertes, variables aussi, par évaporation et ruissellement, la pluie ne s'infiltrerait souvent qu'à raison de moins d'un sixième de la chute totale annuelle

On doit en déduire que ce facteur édaphique peut, dans une certaine mesure, amoindrir ou aggraver — le plus fréquemment, dans le cas qui nous occupe — des déficiences d'ordre climatique.

Indépendamment d'une certaine irrégularité encore mal connue, dans son ensemble, le climat de la région de Costermansville, sauf peut-être l'un ou l'autre microclimat, peut être considéré comme moins humide qu'on ne le croit communément; toutefois, vu qu'en maintes stations le milieu initial a subi des altérations profondes ayant eu une nette répercussion sur les microclimats, nous pensons qu'il est prudent de se montrer très attentif à ces faits chaque fois qu'ils se révèleront d'application.

Ce sera notamment le cas en agriculture et en matière de reboisement, ainsi que de plantation d'essences arborescentes ornementales ou d'alignement; les chances de réussite en seront d'autant plus grandes que les espèces présumées convenables seront originaires de contrées présentant, quant à leurs groupements d'indices d'aridité mensuels, la plus grande similitude possible avec ceux de la région ou de la station à laquelle elles sont destinées.

Cependant, cette similitude étant loin d'être toujours chose aisée à vérifier, dans la pratique courante, cela reviendra à choisir ces espèces issues de contrées à climat plutôt moins humide — ou plus sec, le cas échéant — que celui de la région ou de la station dont question ci-avant.

Les espèces comportant une aire de dispersion naturelle assez étendue ont souvent plus de chances de posséder,à cet égard, une souplesse suffisante, c'est-à-dire une certaine faculté d'adaptation au nouveau milieu.

Contribution à l'Etude de l'Ecologie des formations forestières et savanes congolaises

par

René THOMAS,
Ingénieur Agronome et Forestier Gx.

La publication assez récente d'un ouvrage traitant de la température au Congo Belge (1) succédant à un autre du même auteur (2) se rapportant à la pluie dans notre Colonie, nous a permis de vérifier, rectifier ou préciser certaines données de base que nous avons utilisées pour une étude antérieure (3) laquelle, comme la présente note d'ailleurs, n'était certes qu'un essai tendant à connaître dans quelle mesure il est possible d'attribuer des valeurs déterminées d'indices d'aridité (4) aux principales formations forestières et savanes congolaises.

Nous eussions beaucoup désiré pouvoir calculer ici les indices mensuels des stations considérées, dont le nombre, encore trop restreint, hélas, a cependant été assez sensiblement augmenté. Le trop court laps de temps dont nous avons disposé est la cause du caractère fort succinct de ladite note, qui ne comporte donc, à notre grand regret, que les valeurs des seuls indices *annuels* suivant de Martonne (5).

Selon H. PERRIN (4) la valeur *20*, en tant qu'indice annuel, est le minimum exigé par la végétation ligneuse; lorsqu'elle dépasse *30*, la végétation forestière tend à prédominer et se développe parfaitement; quand cette valeur excède *40*, la végétation forestière, qui constitue alors la formation climatique finale (climax) tend à exercer un règne exclusif.

Voyons quelles constatations vont découler des diverses valeurs d'indices annuels groupées ci-après par formations-types.

Forêts ombrophiles de basse altitude (pluviisilvae climatiques).

Barumbu	52,00	Yahila	51,22
Gazi	56,00	Bosondongo	53,91
Yangambi	55,10	Eala	50,60
Yasendu	56,50	Wamba	55,83
Yalusaka	57,10	Lubutu	51,34
Yapehe	56,45	Shabunda	58,00
Yatolema	58,02	Mwindo *	93,34

Nous remarquons qu'à l'exclusion de Mwindo*, dont la pluviosité de relief (altitude 1.000 m. env.) est anormale et dont la position est

excentrique par rapport aux treize autres stations appartenant toutes à la cuvette centrale, lesdites stations présentent, outre une nette similitude de valeurs, un indice moyen de presque *55*; à noter aussi que la moyenne de leurs altitudes est de 467 m. Si nous incluons Mwindo, les deux nombres ci-dessus deviennent respectivement *57* et 544.

Forêts ombrophiles de moyenne et haute altitudes (pluviisilvae au-dessus de 1.000 mètres).

Masisi	86,29	Lubero	56,73
Kamituga	84,51	Lulenga (Rugari)	65,67
		Tshibinda	72,10

La moyenne des indices annuels y est d'environ *70*.

A titre documentaire, voici deux stations autrefois boisées et ayant vraisemblablement appartenu à la formation ci-dessus; elles sont actuellement très fortement secondarisées, la seconde tout particulièrement :

Butembo	51,90	Kabare	54,66

Forêts équatoriales tropophiles (en bordure de la cuvette centale).

Motenge-Boma	49,02	Bendela	41,47
Gemena	48,00	Dekese	48,80
Molegbwe	47,76	Wembo-Niama	47,70
Abumonbazi	47,06	Lokandu	46,39
Inongo	43,05		

La moyenne des indices annuels est d'environ *47*. Ainsi que nous l'avons déjà signalé (3) cette formation serait probablement assez semblable à celle que les forestiers des colonies britanniques dénomment « mixed deciduous forests » ou « Semi evergreen forests »

L'ambiance humide y est déjà moins marquée que dans les formations de basse altitude à la périphérie desquelles s'étend cette forêt, qui paraît devoir être bien plus sensible que les précédentes aux divers facteurs de déséquilibre, surtout lorsque parmi eux il s'en trouve d'ordre édaphique.

Forêts tropophiles (vestiges de forêts sous-jacentes à la forêt ombrophile de haute altitude et formations voisines sous courants assez secs et chauds, tels que le « foehn »).

Nya Gezi	43,06	Nyundo	44,79
Shangugu	42,70	Ngweshe	46,44
Costermansville	43,74		

Moyenne : *44* environ.

Ici la tropophilie nous semble plus marquée que chez la formation précédente, notamment pour les trois premières stations situées dans l'aire d'une « forêt sèche » ou assez sèche, aujourd'hui presque disparue et dont nous faisons mention dans une autre étude (6).

Au sujet de ces dernières forêts, il n'est pas inutile de rappeler ce que M. Perrin (4) écrivait d'un des concepts biologiques de Brockman-Jerosch (7) et Rubel, la Lauriisilva : « Forêt d'essences feuillues à feuilles persistantes, mi-coriaces, de structure peu xérophile; sous les climats chauds, l'indice annuel dépasse 40 et s'il existe une saison sèche, elle est courte et les indices mensuels correspondants sont peu nombreux et de peu inférieurs à la valeur 20 ».

A notre avis, semblables conditions existent vers les niveaux 1.600 m.-1.700 m., dans les rares parties boisées pouvant encore chevaucher sur l'étage inférieur de la forêt de haute altitude et sur la forêt ± tropophile sous-jacente en cause; de même, dans le cas des courants chauds assez secs, chez certains massifs forestiers de la haute Osso, du Nord de Sake et de Nyundo, ainsi que du Nord-Est de Rutshuru.

Dans de telles situations, à la réelle fragilité des formations forestières s'ajoute, par une réciprocité d'action, la fragilité des sols.

Savanes — Parcs et Savanes méridionales.

Kibombo-Poste	39,51	Gandajika	39,77
Kabambare	37,78	Kabondo-Dianda	39,59
Lubunda	35,48	Dilolo-Gare	35,86
Kongolo	34,53	Sandoa	36,00

La moyenne des indices annuels est d'environ *37*.

Savanes boisées méridionales à Brachystegia (Hiemiisilvae).

Albertville	36,25	Elisabethville	40,23
Lusaka	24,39	Tshinsenda	39,56
Sampwe	32,16	Sakania	41,27
Bunkeya	27,71	Kipushya	36,74
Katentania	40,00		

La moyenne des indices annuels est d'environ *35*.

Savanes orientales (régions des lacs Albert, Edouard et Nord Tanganika).

Nioka	38,86	Astrida	37,85
Bunia	37,03	Rubona	36,80
Ruindi *	24,30	Lubarika	32,64
Rutshuru	35,44	Uvira	29,00
Rubengera	39,50	Usumbura	25,19
Kabgaye	38,30		

La moyenne des indices annuels est d'environ *34*.

Quant aux savanes, il semble bien ressortir de ce qui précède que les groupements d'indices, par ordre de valeur décroissante, sont assez bien représentatifs des caractéristiques des formations et des stations correspondantes, en ce sens que ces valeurs se rapprochent d'autant plus de *30* que la station devient plus sèche et que la végétation tend à être plus xérophytique.

De même, pour l'ensemble des formations, objet de la présente note, nous croyons pouvoir conclure — provisoirement et sous réserve d'une documentation ultérieure plus complète — comme suit :

Indice annuel *dépassant 50* = ombrophilie franche des formations forestières.

Indice annuel compris *entre 40 et 50* = tropophilie plus ou moins marquée des formations forestières et atténuation correspondante de leur ombrophilie à mesure que la valeur de l'indice s'éloigne de 50.

Indice annuel compris entre *40 et 30*, la végétation est toujours ligneuse, mais la formation est du type « ouvert », englobant toutes les

* Quelques savanes plus ou moins arborescentes, situées au Nord-Ouest et à l'Ouest, non loin de Ruindi, doivent avoir un indice annuel un peu plus élevé.

formes de ce type, depuis la savane-parc et la savane boisée, jusqu'aux savanes arbustives très claires et très basses, lesquelles n'offrent au sol qu'une protection pratiquement nulle.

Il est évidemment des cas où, malgré des indices favorables, la végétation ligneuse est absente, indépendamment de toute intervention du facteur anthropique; le facteur édaphique, surtout si cette absence est plus ou moins locale, sera généralement à incriminer : cas des « essobé » de la cuvette centrale, des « dembos » du Katanga, des terrains rocheux à affleurements presque tabulaires et de ceux où l'eau est présente à l'état d'imbibition, soit permanente, soit suffisamment prolongée et périodique (savane herbeuse des hauts plateaux du Katanga à couche imperméable superficielle).

Il n'en demeure pas moins qu'une connaissance aussi approfondie que possible du climat est indispensable pour discerner les causes principales de la répartition des forêts et de la localisation des diverses formations-types avec leurs variantes.

Cette connaissance garde d'ailleurs sa pleine valeur en matière de formation et surtout d'évolution des sols en général et des sols congolais en particulier.

On ne conteste pas que la couverture forestière, dans de suffisantes conditions de climat et de densité, soit la protection idéale pour le sol qui la porte. D'autre part, ce qu'on sait de l'évolution de nos sols coloniaux et du processus habituel de leur dégradation, nous donne à penser que, hormis les cas de destruction brutale du couvert amenant une insolation intense et une forte érosion superficielle, les sols les plus menacés seront souvent ceux où la valeur de l'indice annuel d'aridité, intimement liée au « facteur des pluies » est très éloignée de 50 et, à fortiori, les sols de savanes où elle peut descendre au-dessous de 30.

Nous connaissons cependant tels sols où les deux facteurs climatiques (pluviosité et température) sans être défavorables au point de constituer une ambiance dangereuse en soi, les rendent particulièrement vulnérables aux diverses causes de déséquilibre, d'ordre anthropique notamment, sans que cela conduise toujours au terme extrême d'une latéritisation marquée.

Certains sols rouges issus de basaltes ont pu se conserver intacts très longtemps sous une couverture boisée installée postérieurement à leur formation, grâce à un climat devenu moins chaud et à une pluviosité plus favorable; après disparition locale de la forêt, sont intervenus des phénomènes d'accumulation, après transport par voie éolienne ou par ruissellement; ces sols ainsi découverts, ayant jauni par hydratation, sont devenus les piètres sols agricoles dont on connaît plusieurs exemples.

Dresser sans retard l'inventaire des sols à vocation forestière, indiscutable, à quelque titre que ce soit, est d'une urgente nécessité; il

est à peine moins urgent de reconnaître et maintenir à l'état boisé les terrains de vocation agricole non immédiate, car ces derniers formeront la réserve des futures jachères forestières dont la pérennité, sous leur forme élémentaire ou mieux encore perfectionnée, implique une large connaissance préalable du complexe biotique : climat, sol, forêt... et homme.

OUVRAGES CONSULTES

1. VANDENPLAS, A : « La Température au Congo Belge ». — Ministère des Colonies, Bruxelles, 1947.
2. VANDENPLAS, A.; « La Pluie au Congo Belge » — Institut Météorologique de Belgique, 1943.
3. THOMAS, R.: « A propos de l'Indice d'aridité ». — « Bulletin Agricole du Congo Belge, vol. XXXV, n° 1-4, 1944.
4. PERRIN, H.: « Indices d'aridité et Végétation forestière » (Congrès, Groupe II, Paris, 1930).
5. DE MARTONNE, Emm.: « Traité de Géographie physique » — Paris, 1925.
6. THOMAS, R : « Petite Contribution à l'Etude de l'Ecologie de la Région de Costermansville » — 1943
7 BROCKMAN-JEROSCH « Baumgrenze und Klimacharakter » -- Zurich, 1919.

COMMUNICATION N° 98.

L'appoint des Biomathématiques aux problèmes agronomiques

par

M. ENGELBEEN,
Ingénieur agronome colonial Lv.
Chef du Bureau d'Etudes de l'INEAC.

La faillite des doctrines culturales fondées sur l'empirisme ou sur la transposition, dans les sites congolais, de techniques fécondes sous d'autres climats a déterminé la recherche de l'équilibre harmonieux qui doit présider à l'évolution des végétaux dans leur ambiance aérienne et souterraine.

Cette entreprise de grande envergure implique, en premier lieu, l'analyse systématique et approfondie de tous les éléments du milieu physique et biologique et l'étude de leurs répercussions sur la vie végétale.

Le trait saillant de la rénovation agronomique actuelle, tel qu'il ressort des travaux de la « Semaine agricole de Yangambi » et des conférences ultérieures, est figuré par l'attaque coordonnée et simultanée d'un même problème sous ses divers aspects spécialisés. A l'issue de la guerre, cette synchronisation des recherches phytotechniques et scientifiques a conduit à l'établissement, à Yangambi, d'importantes expériences communes en vue de l'analyse et de l'interprétation des données par des chercheurs ressortissant aux différentes disciplines agronomiques.

Par suite des répercussions fâcheuses qu'entraînerait une interprétation inadéquate ou imparfaite d'essais qui ont exigé une longue et minutieuse préparation, il peut être opportun de mettre l'accent sur l'aide qui pourrait résulter du choix d'une technique biométrique appropriée.

Une connaissance insuffisante et, surtout, une utilisation abusive ou défectueuse des règles statistiques ont fréquemment contribué à répudier une discipline mathématique qui, employée à bon escient, eût pu épargner de nombreux mécomptes. La « phobie » comme la « psychose » de la biométrie tendent, toutes deux, à lui attribuer une primauté qu'elle ne revendique pas. Comme l'ont rappelé de nombreux statisticiens, les biomathématiques aident l'expérimentateur mais ne le guident pas.

Les exemples d'utilisation abusive et incorrecte abondent. Ainsi, dans la détermination d'un coefficient de régression, il n'est pas rare de constater qu'une formule apparemment complexe ne représente qu'une simple régression linéaire. Un examen objectif du problème à résoudre eut évité des complications inutiles, voire erronées.

De même, en expérimentation agricole, la tendance à subordonner l'interprétation des essais à la seule confrontation statistique des résultats ultimes a accrédité l'opinion, encore émise aujourd'hui, que l'étude mathématique est incompatible avec les lois biologiques dont elle asservit les manifestations complexes par un simple artifice.

En fait, l'observation des phénomènes naturels doit constituer le levier essentiel de l'interprétation de l'essai et l'analyse statistique ne fera que confirmer ou infirmer la pertinence de cette observation. Employée exclusivement, l'analyse statistique sera même extrêmement dangereuse pour l'expérimentateur qui confinera son intervention à la seule détermination de différences significatives. Ces dernières, par exemple, peuvent résulter d'un accident indépendant des objets éprouvés et que la simple observation eût aisément décelé.

Il est hors de doute que, utilisé rationnellement, le contrôle biométrique constitue un appoint précieux à la solution des problèmes agronomiques. Il est même susceptible, comme il le sera exposé plus loin, de pallier les insuffisances de l'observation et de signaler des interférences biologiques incontrôlables par voie directe.

Dans le domaine de l'échantillonnage, par exemple, qui retentit sur la plupart de nos problèmes, les possibilités biométriques sont nombreuses : détermination du nombre des sujets d'une population à prendre en observation, durée et périodicité du contrôle, mode d'échantillonnage, etc.

L'exemple élémentaire suivant illustrera clairement l'aide que peut apporter une analyse biométrique dans l'interprétation des données d'un essai.

Dans une étude consacrée à la sélection du quinquina (1), le

3,9	1,7	1,8	2,8	1,9	2,9	4,6	1,8
4,0	4,8	2,7	2,8	2,4	1,9	2,8	3,6
6,9	2,3	2,5	2,0	1,9	1,5	1,8	2,8
2,7	3,5	1,9	1,3	1,3	1,8	2,9	3,5

Dr KERBOSCH schématise un jardin monoclonal de 32 greffes établies en conditions identiques et signale la valeur en quinine d'un anneau (échantillon) d'écorces de chaque arbre.

Se basant sur la variabilité extrême de ces anneaux, imputée à l'hétérogénéité excessive du sol, l'auteur tend à établir que de telles données sont statistiquement inexploitables. Il conclut qu'il est indispensable de restaurer préalablement la fertilité du terrain afin de réduire les écarts biométriques et valider la comparaison entre clones.

Cependant, en exprimant la valeur des anneaux en écarts de la moyenne, le groupement des différences et la possibilité de corriger les données, par corrélation avec la source d'hétérogénéité, apparaissent immédiatement.

+ 1,2	— 1,0	— 0,9	+ 0,1	— 0,8	+ 0,2	+ 1,9	— 0,9
+ 1,3	+ 2,1	0	+ 0,1	— 0,3	— 0,8	+ 0,1	+ 0,9
+ 4,2	— 0,4	— 0,2	— 0,7	— 0,8	— 1,2	— 0,9	+ 0,1
0	+ 0,8	— 0,8	— 1,4	— 1,4	— 0,9	+ 0,2	+ 0,8

Ces divers emplacemeints présentent une situation en harmonie avec les écarts des endroits limitrophes.

(1) Dr M. G. J. M. KERBOSCH. — *Twintig jaren bemesting en selectie in de Kinacultuur*, « Bergcultures », XI, 28, pp. 1019-1030, 1937.

Cet exemple élémentaire d'utilisation de résultats expérimentaux, apparemment dénués de valeur, démontre que les biostatistiques ne constituent pas une spéculation mathématique artificielle, mais une aide fructueuse pour l'expérimentateur.

* * *

Dans le cadre des travaux entrepris en coordination avec les recherches connexes des spécialistes, il est souhaitable que les conclusions statistiques soient appuyées sur une technique adéquate et efficace.

L'objectif essentiel consistera à dégager au maximum les objets étudiés des influences indépendantes de ces traitements. Il y aura donc intérêt à corriger les résultats bruts qui seraient apparemment sans valeur à l'aide de facteurs de régression. Dans cet ordre d'idées, l'analyse de la covariance interannuelle, déjà exposée ailleurs (1), est susceptible de réduire notablement les interférences indépendantes. Cette méthode s'apparente étroitement à l'analyse de la covariance par parcelles contiguës (dite de PAPADAKIS); le facteur de régression dérive des écarts corrélatifs entre les données périodiques d'une même parcelle, alors que, dans la méthode de PAPADAKIS, ce facteur est obtenu par confrontation des écarts entre les données des parcelles voisines.

La covariance interannuelle repose sur le principe de la constance de l'hétérogénéité entre parcelles. Ce principe a été établi expérimentalement : même en parcelles de superficie réduite, il existe une corrélation positive entre les rendements périodiques. En d'autres termes, pour un même objet, l'avantage productif d'une parcelle sur une autre se maintient généralement au cours des saisons successives.

Des corrélations négatives apparurent dans des expériences d'irrigation. Cette constatation accroît l'intérêt de la covariance interannuelle : le sens de la corrélation entre rendements de cultures différentes, en rotation sur mêmes parcelles, soulignent l'influence de ces cultures sur les caractéristiques pédologiques de l'aire sous contrôle. Il est ainsi possible d'étudier les arrière-effets d'une culture, d'une jachère ou d'un traitement.

La précision de cette technique est due à la possibilité d'évaluer l'hétérogénéité de la parcelle elle-même. Par voie de conséquence, la méthode proposée offre des avantages pratiques : réduction du nombre des répétitions et de la surface emblavée, utilisation plus rationnelle des aires expérimentales par leur inclusion dans des systèmes de rotation, maintien des conditions normales de la culture, etc.

Du point de vue mathématique, on ne peut lui objecter d'obstacles majeurs, sa technique étant semblable à celle de la méthode de PAPADAKIS.

(1) M. ENGELBEEN. — *Expérimentation cotonnière. Adaptation de la technique aux conditions locales*, « Bulletin agricole du Congo belge », Léopoldville, XXXIV, 3-4, pp. 278-299, 1942.

Par contre, elle requiert la disposition d'un matériel de chiffres colligés pendant trois campagnes au moins. Aussi, ne sera-t-elle d'application qu'en fin d'expérience.

Si l'application des règles de la biométrie ne soulève aucune difficulté majeure, elle n'en réclame pas moins une connaissance suffisante et claire de la doctrine biomathématique et de ses possibilités. Les nombreux échecs résultent, le plus souvent, d'une interprétation défectueuse ou d'une initiation trop fragmentaire.

Bien que réalisant tout le profit escomptable de cette discipline mathématique, l'agronome est, en général, dans l'impossibilité de lui consacrer une partie de son temps, presque entièrement dévolu à ses recherches biologiques. Dans une expérience conduite en équipe, il serait d'ailleurs abusif, voire impossible, d'exiger de chaque collaborateur le minimum de connaissances requises à l'interprétation de ses résultats. Aussi serait-il plus indiqué de ne charger qu'un seul agronome des analyses statistiques, et, de préférence, l'agronome désigné pour réaliser la synthèse phytotechnique de l'essai commun. En d'autres termes, il serait plus économique et plus fructueux de spécialiser un seul chercheur dans ce domaine mathématique que de multiplier les connaissances fragmentaires dont l'ensemble s'avérerait, en fin de compte, plus onéreux et moins efficace.

Il existe dans certaines colonies, une centralisation métropolitaine des travaux biométriques. Cette réalisation à distance n'est cependant pas recommandable. Tributaire, au premier chef, de l'observation directe de l'expérience, l'analyse statistique est impuissante à interpréter d'une manière suffisamment circonstancée et pertinente des données expérimentales en dehors des limites strictes de l'essai. Le biomathématicien doit « vivre » toute l'évolution de l'expérience et découvrir sur le champ les éléments justiciables d'une technique objective. Le statisticien sera davantage un biologiste qu'un mathématicien. Tout au plus, un Bureau central de biométrie pourra-t-il fournir des informations sur les méthodes les plus conformes aux cas envisagés et, éventuellement, communiquer des modèles d'analyses.

Il semble donc opportun d'émettre le vœu que, *pour des raisons d'efficacité, un agronome soit chargé de l'interprétation statistique de toutes les expériences d'une même station.*

Quant aux postes et autres établissements agronomiques, dont la limitation des travaux ne justifierait par la désignation d'un biomathématicien, ils confieraient l'analyse de leurs essais aux spécialistes des stations principales dont ils dépendent.

Par cette standardisation aisément réalisable des travaux, il deviendra possible de bénéficier au maximum de l'appoint des biomathématiques et de remédier aux échecs et aux interprétations défectueuses.

Le danger du raisonnement dans l'étude interprétative des complexes naturels

par

E. A. BERNARD,

Licencié en Sciences mathématiques,

Chef de la Division de Climatologie de l'INEAC.

SOMMAIRE.

Cette note établit, dans une première partie, le danger du raisonnement purement qualitatif dans l'étude des complexes naturels. On dégage à cette fin la nature abstraite de ces problèmes en vue de comprendre quand et pourquoi la méthode qualitative perd toute légitimité. On montre sur un exemple concret la subjectivité de cette méthode qui permet d'aboutir aux conclusions les plus contradictoires par une variété infinie de raisonnements qui illusionnent par leur saine apparence.

Une seconde partie analyse à partir d'exemples concrets comment le point de vue quantitatif s'introduit dans l'étude des complexes naturels. On examine à cette occasion les idées d'équilibre et d'évolution de ces complexes. On tente d'éclaircir ces points délicats en les comparant avec les idées homologues bien précises qu'utilisent les sciences exactes. Cette comparaison permet de dégager l'aspect essentiellement relatif de la notion d'équilibre des complexes naturels.

Un dernier paragraphe expose les traits généraux de la méthode semi-empirique qui autorise l'abord rationnel des problèmes d'évolution de la biosphère. On insiste sur le rôle essentiel qui revient à l'intuition dans cette méthode. Mais cette intuition doit être orientée et contrôlée par l'utilisation de critères quantitatifs judicieusement établis.

I. — LE DANGER DU RAISONNEMENT QUALITATIF DANS L'ETUDE DES COMPLEXES NATURELS

L'écueil majeur de toute étude touchant l'évolution d'un complexe déterminé de la biosphère, tient dans l'obligation où nous sommes le plus souvent d'aborder l'étude de ce complexe en enchaînant les faits connus ou supposés par des raisonnements plus ou moins qualitatifs. Il n'existe, en effet, aucune méthode globale qui nous per-

mette de maîtriser rationnellement, aussi bien en analyse qu'en synthèse, la structure causale d'un tel complexe.

Un complexe naturel est toujours constitué d'un système de causes et d'effets s'exerçant entre les innombrables éléments de nature matérielle et énergétique qui composent le complexe. Dépouillons ce dernier de tout caractère concret, afin d'en dégager la structure causale et le fonctionnement dans le temps de celle-ci. Cette structure abstraite qui nous reste peut être comparée à un réseau extrêmement enchevêtré de ressorts dont les forces de rappel restent pour la plupart inconnues. Les extrémités de ces ressorts se rejoignent les unes aux autres en des points particuliers du réseau que nous appelons nœuds. Dans notre comparaison, ces nœuds sont les divers éléments dont le complexe naturel est formé. Aux ressorts plus ou moins rigides correspondent les relations de causes à effets qui établissent des liens plus ou moins étroits entre ces éléments. L'utilité de cette comparaison, par ailleurs bien imparfaite, c'est d'aider l'esprit à se représenter par une image globale l'idée essentielle de structure qui caractérise un complexe. Ainsi, cette image va nous permettre de mieux comprendre la nature de tout problème relatif à l'interprétation des phénomènes interdépendants dont l'ensemble définit un complexe naturel.

L'énoncé d'un tel problème se ramène dans notre comparaison au type schématique suivant : notre système de ressorts étant mis en vibration par des déplacements incessamment variables, communiqués à certains nœuds du réseau, établir et expliquer, soit les déplacements résultant d'autres nœuds particuliers du réseau, soit les déplacements d'ensemble de certains systèmes de nœuds constituant une sous-unité complexe du réseau. Dans notre comparaison, les déplacements inducteurs sont les fluctuations en intensité dans le temps des éléments qui tiennent sous leur dépendance l'evolution du complexe. Les déplacements des nœuds qu'on demande d'établir, ce sont les influences conjuguées que ces fluctuations, modifiées sans cesse par leur propagation dans le réseau, finiront par exercer au même instant sur les éléments dont on s'est proposé l'étude.

Or, le problème, même ainsi schématisé, ne peut recevoir de solution rigoureuse. D'abord, on ignore la plupart des forces de rappel liant les ressorts directement interréagissants. D'ailleurs, si l'on connaissait ces forces entièrement, le caractère même de complexe formé d'un nombre trop élevé d'éléments interdirait cette solution. Ce caractère — il convient de l'expliciter — procède du fait que l'évolution dans le temps d'un seul élément est tributaire de la structure d'ensemble du complexe, y compris l'élément lui-même, et des modifications que subit cette structure à chaque instant dans son évolution.

On verra plus loin la nature de la solution qu'il convient d'apporter à ce problème par l'emploi d'une méthode semi-empirique qui

allie judicieusement le raisonnement et l'observation. Remarquons déjà combien la solution sera grandement facilitée si l'on constate que certaines parties du système n'exercent qu'une influence négligeable sur les nœuds faisant l'objet des investigations et, qu'au contraire, les impulsions aboutissant à ces nœuds se sont propagées en majeure partie dans le réseau par une chaîne quasi linéaire de liens déterminants.

C'est heureusement le cas dans bon nombre de problèmes assez particuliers qui n'englobent que des sous-complexes peu étendus de la biosphère. Cependant, même dans ces cas très simplifiés — et à moins d'être doué d'un flair exceptionnel — l'enchaînement de syllogismes purement qualitatifs conduit généralement à des conclusions fausses. Cet enchaînement peut s'établir, en effet, des manières les plus diverses. L'un dit par exemple : « Cette couverture végétale conserve admirablement la fertilité du sol de ma plantation. Par sa masse végétale abondante, elle diminue notablement la température des couches superficielles et leur restitue d'importantes quantités de matières organiques. Elle garde ainsi dans le sol une teneur suffisante en humus qui, on le sait, est brûlé par des températures trop hautes. Cet humus confère au sol des propriétés physico-chimiques qui lui assurent une bonne économie en eau. La prospérité de ma plantation tient à l'excellence de cette couverture ».

« Ce que je reproche justement à cette couverture, répond un second, c'est sa trop grande densité. Par là, elle retient un bon pourcentage des pluies qui, réévaporées, sont perdues pour le sol. On s'accorde, en outre, à attribuer à cette plante un taux élevé de transpiration. Elle concurrence donc dangereusement la plantation en eau, tout spécialement en saison sèche. L'assèchement du sol que cette couverture entraîne augmente la température, brûle l'humus et ralentit l'activité des microorganismes. De plus, cette plante a une nutrition minérale fort exigeante. Soyez persuadé que cette couverture dégrade votre sol ».

« Pour ma part, rétorque un troisième, je considère l'influence des plantes de couverture comme fort secondaire. Les rendements identiques de vos deux plantations l'attestent. Votre sol me paraît en effet plus humide, mais vous recevez d'habitude la meilleure part des averses orageuses ».

Il importe de se convaincre de la stérilité toute métaphysique de ces raisonnements. Ils illusionnent par l'apparence de logique et de science dont on les revêt. Montrons par quoi il est possible de prolonger à l'infini semblables discussions même si l'on s'en tient toujours aux mêmes éléments du complexe et si l'on n'envisage qu'un très petit nombre de ceux-ci. Soient par exemple les cinq éléments : cette couverture du sol, la température du sol, la teneur en humus, l'activité micro-organique. Etablissons le nombre de manières différentes d'enchaîner ces termes par les verbes « augmente, diminue,

n'influence pas » qui constituent l'essence même du raisonnement qualitatif.

Voyons d'abord quelles sont les manières de ranger en suite nos cinq termes en vue de leur enchaînement ultérieur, le terme « cette couverture » venant toujours en tête de chaque suite. Il reste donc quatre termes à permuter de toutes les façons. Cela nous donne $4! =$ 24 manières différentes d'écrire nos cinq termes les uns à la suite des autres. Considérons maintenant une quelconque de ces suites et plaçons en avant de chacun des quatre derniers termes l'un des trois verbes cités, en arrangeant ceux-ci avec répétition ou non de toutes les manières possibles. Nous obtiendrons pour une seule des 24 suites, $3^4 = 81$ nouvelles suites réalisables.

Il reste maintenant à terminer l'enchaînement de ces verbes et substantifs alternés par les mots « ce qui » ou « et » que nous placerons devant les mots augmente, diminue, n'influence pas. La proposition entraînée par « ce qui » sera une conséquence directe de la proposition précédente, que celle-ci soit elle-même relative ou non. Le lien « et » exprimera au contraire la simple conjonction des propositions enchaînées. Ces dernières ont donc un rang logique equivalent. On voit par là que les deux liens choisis diffèrent essentiellement au point de vue de la structure du raisonnement. Or, il y a encore vingt-trois façons de ranger les mots « et » ou « ce qui » en avant des trois derniers verbes d'une suite quelconque des 1944 suites déjà écrites. On pourra donc former finalement $24 \times 81 \times 8 = 15.552$ raisonnements qui se présenteront comme suit : « Cette couverture n'influence pas la teneur en humus, ce qui diminue l'humidité du sol et (mais) augmente la température, ce qui diminue l'activité des micro-organismes. » Il fallait s'attendre à l'allure singulière de cette phrase, puisque nous l'avons tirée aux dés de nos 15.552 formes possibles. Un grand nombre de ces formes devront être, en effet, éliminées. Certaines seront équivalentes par l'emploi de la conjonction et. D'autres feront trop injure à l'agronomie élémentaire. D'autres encore contiendront une contradiction interne. Mais ne resterait-il que cent formes, soit une par 155, logiquement et agronomiquement acceptables, que ce seront toujours autant de raisonnements d'où l'on pourra conclure contradictoirement : « Donc cette couverture améliore, dégrade ou n'influence pas le sol. »

Encore, avons-nous négligé les variantes à tournure plus littéraire.

Par l'emploi de verbes synonymes, nuancés par les adverbes les plus divers, nos cent formes plausibles de raisonnement peuvent être indéfiniment accrues. Il est cependant facile de les ramener à notre type schématique qui, pour moins élégant qu'il soit, a l'avantage de mieux mettre en évidence la structure logique de la pensée. Ainsi, les opinions différentes de nos deux planteurs exprimées plus haut se ramènent aux deux formes à priori admissibles que voici :

Première forme. — Cette couverture diminue la température du sol et augmente la teneur en humus ce qui augmente l'humidité du sol et augmente l'activité des micro-organismes. Donc la couverture améliore le sol.

Deuxième forme. — Cette couverture diminue l'humidité du sol, ce qui augmente la température du sol, diminue la teneur en humus et diminue l'activité des micro-organismes. Donc la couverture dégrade le sol.

On voit clairement par ces deux exemples dépouillés d'ornements littéraires l'origine de la contradiction. Elle tient principalement dans le choix différent de l'élément du complexe que l'on rattache directement à l'élément couverture. Dans le premier cas, l'influence la plus immédiate de ce dernier est attribuée à la température. Dans le second cas, elle l'est à l'humidité.

Plus généralement, la contradiction résulte du sentiment personnel de chacun quant à la façon la plus plausible d'ordonner linéairement, dans un complexe, la hiérarchie des causes et des effets. Cette ordination linéaire du jeu des influences successives est une opération naturelle mais gratuite de l'esprit, impuissant à penser un complexe globalement. Si l'on en revient à l'image du réseau formé de multiples ressorts, cette ordination revient à séparer dans le réseau une chaîne linéaire de ressorts reliant deux nœuds éloignés. Or, on peut cheminer ainsi dans le réseau des façons les plus diverses et, chaque fois, prévoir le sens de l'impulsion qui se communiquera au nœud final par la voie suivie. Autant de cheminements, autant d'impulsions finales. Or, dans la réalité, l'impulsion réelle aboutissant au nœud, c'est-à-dire l'influence totale sur l'élément, résulte de l'ensemble des influences directes et indirectes s'exerçant à chaque instant sur l'élément considéré.

Or, ces influences indirectes proviennent d'interactions propagées dans l'entièreté du complexe. Elles se manifestent toujours avec un certain retard et sont caractéristiques des problèmes d'évolution dans le temps des complexes naturels. On pourrait alors imaginer comme ci-dessus des exemples montrant comment il serait alors possible, par des raisonnements gardant bonne allure, de prédire d'innombrables façons l'évolution d'un complexe donné vers les états les plus divers d'équilibre stable ou de déséquilibre croissant. Nous analyserons bientôt ce point plus en détail.

Les considérations qui précèdent expliquent l'amas déroutant de thèses défendues, réfutées avec une variété infinie d'argumentation dans les sciences jeunes qui abordent l'étude interprétative des complexes naturels. Ayant reconnu superficiellement le mal, il faut nous attacher maintenant à en préciser l'origine par une analyse plus serrée, et à en indiquer le remède.

II. — L'INTRODUCTION DU RAISONNEMENT QUALITATIF DANS L'ETUDE DES COMPLEXES NATURELS

Reprenons encore le schéma d'un raisonnement qualitatif simple : « Quand A augmente, B se développe tandis que C n'est pas influencé, la croissance de D étant ainsi entravée, il en résulte un accroissement notable de E. »

Si l'on se croit autorisé à déduire de cette façon, c'est parce que les sciences fondamentales ont établi d'une manière incontestable : 1) que toute augmentation de A développait B mais restait sans influence sur C; 2) que B croissant, C restant inchangé, D diminuait; 3) que E croissait rapidement quand D diminuait.

Mais on oublie que toutes ces lois experimentales ne sont applicables que dans certaines conditions bien définies que les auteurs ont toujours grand soin de préciser. Cet oubli est une des causes les plus communes qui vicient les raisonnements dans l'étude des complexes naturels. On dit par exemple : « Ce noyau de végétation forestière au milieu de cette savane est un excellent régulateur climatique. En saison sèche, cette forêt continue d'absorber l'humidité qu'elle retient dans les couches profondes du sol. L'économie d'eau restant favorable, l'intensité transpiratoire du massif est alors très activée par le pouvoir évaporant intense de l'atmosphère. Donc, cette végétation humidifie notablement l'atmosphère en saison sèche. Elle amortit aussi les hautes amplitudes de température de cette saison. L'effet général est finalement d'atténuer les rigueurs de la sécheresse pour les cultures de la région ».

C'est encore une forme dangereuse de raisonnement qualitatif. On conclut avec assurance : « donc, la transpiration de cette forêt augmente avec le pouvoir évaporant de l'atmosphère », parce que nous nous rappelons une loi de physiologie végétale qui nous inspire une confiance légitime. Mais cette loi établie expérimentalement pour certaines espèces perd toute valeur si les conditions de lumière, de température et d'humidité du sol cessent d'être constantes et si les conditions de l'évaporation elles-mêmes ne dépassent pas certaines limites que la physiologie a eu soin d'établir. La plupart de ces lois biologiques expérimentales s'énoncent : « La grandeur y varie en fonction de la grandeur x selon telle courbe lorsque les éléments a, b. c, d, sont maintenus constants ». Or, ces fonctions ne sont presque jamais linéaires. Ce sont des courbes sigmoïdes, des courbes de saturation, des exponentielles, des courbes en cloche, des courbes à optimum, des courbes fermées dans certains phénomènes cycliques. Le raisonnement qualitatif souffre de sa grande rigidité. Plus on le nuance, plus on le fausse et plus il augmente la perplexité de son contradicteur. Le langage ordinaire est impuissant à traduire correctement les nuances quantitatives des variations fonctionnelles et à évaluer leurs effets. Employer les verbes augmenter, diminuer, maintenir

ou leurs expressions équivalentes, c'est ramener arbitrairement toutes ces courbes expérimentales à des droites illimitées. C'est n'introduire ensuite dans le raisonnement que le sens de l'inclinaison de ces droites sur l'axe des abscisses et négliger le degré de cette inclinaison.

On voit la gravité de l'erreur ainsi commise. Les courbes des sciences naturelles expérimentales sont en effet décomposables en segments de droite dans des intervalles étroits bien définis de la variable indépendante x. Mais l'inclinaison de ces divers segments varie en sens et en degré avec l'intensité de l'élément x. A des x croissants, pourront correspondre selon l'intervalle d'abscisses, des valeurs de l'élément-fonction y, croissantes, décroissantes ou stationnaires. Or, supposons qu'une variation de y détermine la variation d'un troisième élément z; celles-ci, la variation d'un quatrième élément u et ainsi de suite. Par cet enchaînement de fonctions de fonction, la variation x induira une certaine variation de l'élément final étudié r. C'est s'illusionner beaucoup que vouloir prédire alors le sens de l'influence d'une variation de x sur r par le jeu du raisonnement qualitatif. En effet, même si l'on considérait un intervalle de variation de x bien défini et suffisamment étroit, l'allure de la variation de r dans cet intervalle est complètement indéterminable par le raisonnement qualitatif. Cette détermination exige, soit la connaissance directe de la courbe r = f (x), soit celle des courbes successives y (x), z (y), y (z)... Dans ce dernier cas, l'allure de la courbe r cherchée s'établira par récurrence. On voit que pour déterminer cette allure, il faut porter nécessairement la discussion sur le plan quantitatif et considérer les lois des phénomènes. Tout ceci est encore plus vrai lorsqu'il s'agit, comme c'est toujours le cas dans la réalité écologique, de fonctions à plusieurs variables.

La critique qui précède a pour objet le raisonnement qualitatif en chaîne linéaire. Ce raisonnement, rappelons-le, est du type étudié dans l'exemple de la couverture végétale. Pour résoudre ce problème particulier en conformité avec ce qui vient d'être dit, il faudrait suivre l'évolution de la température et de l'humidité du sol, de la teneur en humus et de l'activité micro-organique au cours de la croissance de la couverture, et observer simultanément les fluctuations climatiques. Les chiffres obtenus pourront alors être analysés à la lumière des lois expérimentales particulières des sciences naturelles connexes. Une conclusion correcte pourra être tirée sur le rôle de la couverture. Mais cette conclusion correcte, imposée par l'observation, pourra cependant recevoir une interprétation fausse si des éléments déterminants — touchant la chimie du sol par exemple — ont été omis dans l'explication quantitative. C'est-à-dire plus généralement, si la structure linéaire du complexe admise s'éloigne trop de la structure réelle. Des intersections essentielles peuvent avoir été négligées.

Ce point nous fait toucher un autre péril de l'étude des complexes naturels auxquels nous avons déjà fait allusion. Il s'agit des réactions

qu'exercent en retour les effets engendrés par les causes sur les causes elles-mêmes. Le raisonnement qualitatif élude généralement cette difficulté. L'exemple de notre ilôt forestier au milieu de la savane va encore nous aider à mettre ce point en lumière.

On pourrait faire remarquer avec raison que la démonstration donnée de l'influence climatique du massif forestier n'envisage qu'une face de la réalité. Car si la transpiration du massif est accrue en saison sèche, le sol perdra d'autant plus vite son humidité et la transpiration cessera bientôt de croître pour diminuer. Cette diminution va-t-elle continuer jusqu'à l'arrivée des premières pluies ou se stabilisera-t-elle rapidement vers un état moyen d'équilibre?

De même, dans un exemple antérieur la plante de couverture qui diminue la température du sol et augmente la teneur en humus accroît par là l'humidité du sol et, par conséquent, l'activité des micro-organismes. Mais, remarquera le microbiologiste, toute diminution de température ralentit au contraire cette activité. Les influences opposées d'un accroissement de l'humidité d'une part et de la chute de la température d'autre part, doivent donc stabiliser cette activité à un certain niveau d'équilibre et par suite, tous les autres éléments envisagés.

On voit par ces exemples comment la considération des actions réciproques, par le raisonnement qualitatif, fait pressentir d'une manière très vague l'existence d'équilibres dans les complexes naturels. Il importe d'analyser maintenant cette délicate notion dont on fait grand emploi dans les études de l'évolution des complexes naturels.

Dans les sciences physico-mathématiques, l'idée d'équilibre revêt un certain caractère d'absolu. La définition et le calcul d'un état d'équilibre n'y offrent aucune ambiguïté de sens. Pour le mathématicien, un système est en équilibre stable lorsque, pour peu qu'on l'écarte de sa position d'équilibre, le système abandonné à lui-même prend un mouvement qui le ramène à sa position première. Au contraire, si le mouvement communiqué au système l'éloigne de plus en plus de cette position, l'équilibre est instable. Cet état se détermine en définissant une certaine fonction des variables du système. Aux valeurs minima et maxima de cette fonction, correspondent respectivement des états d'équilibre stable et instable du système.

Dans cette acception statique de l'idée d'équilibre, la position d'équilibre correspond à un état de repos complet, pour lequel les forces agissantes se compensent parfaitement. Mais dans les sciences rationnelles, l'idée d'équilibre s'applique aussi à des systèmes incessamment variables dont le mouvement obéit à une certaine périodicité et maintient le système entre certaines positions limites. Quand sous l'action d'une cause perturbatrice, le mouvement du système perd ce caractère de permanence, on dit qu'il y a rupture d'équilibre. Le système parcourt alors une ligne d'évolution nouvelle qui pourra aboutir

plus ou moins rapidement à un autre état d'équilibre. C'est ainsi qu'on parlera de la stabilité de l'équilibre du système solaire ou d'une molécule dont les atomes liés par les forces de valence vibrent sans cesse autour d'une position moyenne d'équilibre.

Cette acception plus abstraite de la notion d'équilibre est celle que les naturalistes utilisent lorsqu'ils parlent de l'équilibre d'un complexe naturel. En effet, un tel complexe se modifie continuellement sous l'action de causes principalement climatiques qui fluctuent sans cesse. L'idée statique d'équilibre ne convient nullement à un pareil système en évolution permanente. Par équilibre d'un complexe naturel, on doit entendre un état plus ou moins stationnaire du complexe où la structure et les intensités des éléments du complexe fluctuent entre des limites conventionnelles autour des moyennes plus ou moins stabilisées par le jeu des influences réciproques. Quand ces moyennes sont perturbées par les fluctuations trop élevées de certains éléments, l'équilibre est rompu. Si au cours de l'évolution ultérieure du complexe, l'équilibre finit par se rétablir, le complexe est en équilibre stable.

Si le complexe perturbé s'éloigne de plus en plus de son état primitif d'équilibre, celui-ci est dit instable.

Mais nos définitions générales dissimulent encore trop le caractère essentiellement relatif de l'idée d'équilibre des complexes naturels. Or, ce caractère est fondamental pour l'emploi correct de cette notion dans les études particulières. L'idée d'équilibre des complexes naturels est relative : 1) au temps d'évolution du complexe envisagé; 2) à la probabilité des causes perturbatrices de l'équilibre; 3) à l'extension du complexe envisagé dans le complexe supérieur qui le contient. Ces trois points de vue sont d'ailleurs interdépendants. Cette triple relativité de la notion d'équilibre des complexes naturels est à l'origine des controverses acharnées que l'emploi de cette notion soulève fréquemment.

Tentons à nouveau de dégager cette relativité par des exemples. Selon la définition précédente de l'équilibre d'un complexe, il est toujours possible de fixer à la fois une échelle de temps suffisamment courte où le complexe pourra être considéré comme bien équilibré et une échelle de temps sufissamment longue où le système cessera d'être en équilibre.

En effet, dans un complexe équilibré, les intensités des éléments climatiques par exemple fluctuent bien entre certaines limites autour de valeurs moyennes. Mais ces limites et moyennes varient insensiblement dans le temps. Les fluctuations cycliques-diurnes, saisonnières et annuelles — ont peut-être lieu dans une fluctuation climatique temporaire couvrant plusieurs décades. Cette dernière évolue sans doute dans une variation climatique longue de plusieurs siècles. Enfin, dans l'échelle quaternaire, les alternances extrêmes de périodes glaciaires et interglaciaires modifient lentement les climats du Globe et les complexes qui en dépendent.

Ces grands changements climatiques quaternaires, pour lents qu'ils soient, influencent irrésistiblement les complexes naturels. En Afrique, ils ont créé le Sahara et la forêt Guinéenne. Cependant, l'entièreté de la biosphore ou certains complexes très étendus qui la composent restent en équilibre dans l'évolution géologique. Celle-ci est suffisamment lente pour que le jeu des forces naturelles du complexe continue à s'exercer normalement autour d'états moyens d'équilibre. Ces états moyens varient lentement dans l'évolution, mais l'harmonie générale de la biosphère se maintient. L'équilibre d'ensemble d'un réseau de ressorts dont les nœuds oscillent autour de positions moyennes d'équilibre n'est pas rompu si tous les ressorts du réseau s'allongent progressivement sous l'effet des tensions produites dans le réseau. Il y a alors déplacement et non rupture de l'équilibre.

Considérons maintenant des complexes beaucoup plus restreints de la biosphère toujours dans le cadre de l'évolution géologique. Il est clair que la probabilité qu'une cause perturbatrice intervienne tôt ou tard dans cette évolution pour détruire l'équilibre — au sens de la définition proposée — équivaut ici à la certitude. Ces complexes naturels trop limités ne sont donc jamais en équilibre dans l'évolution géologique. C'est ce qu'on exprime en disant que telle couverture végétale, tel animal, sont en voie de disparition lente parce que n'étant plus en équilibre avec le milieu. Mais il s'agit ici de déséquilibres locaux dont le rôle est justement de restaurer l'équilibre supérieur de la biosphère.

Cependant, en envisageant un complexe particulier dans une échelle de temps de plus en plus courte, la probabilité de l'équilibre du complexe diminue. Pour une échelle de temps suffisamment courte et pour certaines causes intrinsèques ou non au complexe, il y aura cette fois, soit équilibre stable ou instable, soit déséquilibre. Par exemple, dans le complexe supérieur de la forêt équatoriale, une plantation, le sol, le climat et l'agronome, réalisent un complexe en équilibre stable, disons pour un quart de siècle. Supprimons l'homme du du complexe diminue. Pour une échelle de temps suffisamment étant suffisant pour que la forêt étouffe la plantation. Relativement à une cause perturbatrice irrémédiable, d'ordre phytopathologique, l'équilibre d'une plantation bien entretenue peut être instable pour un laps de temps donné. Au contraire, cet équilibre pourra rester stable par rapport à une cause de même nature mais de gravité amoindrie.

On peut multiplier les exemples. Un sol tropical abandonné, épuisé par des cultures successives, et la maigre végétation qui le couvre forment, pour quelques décades en moins, un système en équilibre très stable même dans le cadre du complexe forestier. Un versant de colline subissant l'érosion offre un bel exemple d'un complexe pédoclimatique évoluant vers un équilibre plus stable : en l'occurrence, le profil d'équilibre de la pente. Une forêt primitive et son sol évoluent

peut-être lentement dans l'échelle paléoclimatique vers un climax désertique. On voit combien nous sommes subjectifs vis-à-vis de la notion d'équilibre. Nous abusons de la grande souplesse que lui confère sa relativité multiple. Quand un équilibre parfait ne nous est pas favorable, nous l'appelons parfois déséquilibre. Quand nous créons un déséquilibre dont nous tirons profit et que nous avons intérêt à maintenir, nous le qualifions d'équilibre instable. Cela vient de ce que nous négligeons l'aspect tout relatif de l'équilibre et, le plus souvent, de notre impuissance coutumière à fixer même grossièrement l'échelle de temps du problème. Les malentendus qui en résultent sont aggravés par l'emploi d'expressions vagues qui masquent notre ignorance. On parlera d'avenir plus ou moins rapproché, d'évolution accélérée, d'équilibre très lent à rétablir.

Pour sortir de l'impasse, il faut préciser les conditions relatives de l'équilibre et dire : dans le cadre de tel complexe, et dans cette échelle de temps, ce système naturel est ou n'est pas équilibre stable relativement à telles causes perturbatrices que j'estime plus ou moins probables. L'essentiel nous l'avons dit, est surtout de poser le problème quantitativement dans le temps. Plus précisément, on doit tenter d'établir l'allure de la courbe d'évolution du système en vue de fixer le niveau de l'état d'équilibre dont l'existence a été pressentie. C'est ainsi que pour conclure à l'action climatisante de notre îlot forestier, il faudrait vérifier qu'un équilibre se réalise entre l'accroissement de la transpiration et l'assèchement concomitant du sol. Il faudrait ensuite préciser la durée de l'installation de cet équilibre et en estimer le niveau. Ce dernier peut être voisin, voire inférieur à celui réalisé en saison sèche par la savane herbeuse. Dans ce cas, à priori possible, la conclusion tirée, quant aux effets climatiques bienfaisants de la forêt, serait fausse.

Pour orienter ainsi le problème dans la voie quantitative, on mesurera l'humidité du sol de la forêt et de la savane à diverses époques de l'année. On tentera d'estimer par des bilans hydrologiques, les transpirations saisonnières globales de ses formations végétales. On comparera, par des observations directes, les régimes du pouvoir évaporant de l'atmosphère dans le savane et aux alentours de la forêt. L'analyse de ces données nous permettra alors d'établir l'évolution saisonnière des influences climatiques du massif forestier. L'allure de cette évolution établira le niveau d'équilibre de ces influences. On pourra aussi préciser l'intensité des influences climatisantes du massif forestier et les variations de ces influences avec la direction d'éloignement.

L'exemple précédent concrétise un cas d'équilibre relativement simple. L'équilibre est ici le résultat de l'interaction de deux éléments, pouvoir évaporant et humidité du sol, qui agissent en opposition sur un troisième élément, l'intensité transpiratoire du massif. On doit remarquer cependant, que si nous pouvons déterminer par l'observa-

tion directe l'existence de cet état d'équilibre et en déterminer le niveau, l'explication de l'établissement de cet équlibre, à partir des lois qui le régissent, pose un problème plus délicat. On peut dire que le plus souvent, la prévision et l'explication rationnelle de l'évolution d'un complexe naturel à plusieurs composantes qui s'influencent mutuellement, nous échappent, même si nous réussissons à en mesurer les éléments-clefs.

Les mathématiciens sont pourtant très à l'aise devant les problèmes d'évolution des complexes proposés à leurs méditations. Analysant les conditions du problème, ils écrivent d'abord sans peine les relations instantanées de dépendance qui existent entre les diverses variables du système lorsque le temps change infiniment peu.

Le système d'équations différentielles qu'ils obtiennent saisit globalement, d'une manière générale et rigoureuse, toute la structure du complexe. L'opération magique de l'intégration dans le temps suffit ensuite à établir la loi d'évolution du système. Or, la nature de cette loi dépend du signe de certains paramètres qui définissent les conditions théoriques du problème. Dans l'application pratique de la solution, des formes très différentes d'évolution pourront résulter de modifications parfois légères dans les valeurs numériques de ces paramètres. Les études de Volterra touchant l'évolution des populations de plusieurs espèces vivantes, en compétition vitale dans un milieu limité, offrent de beaux exemples de la multiplicité de forme des solutions du problème selon les conditions réelles admises.

Ces résultats nous incitent à être très prudents dans l'étude interprétative de l'équilibre de complexes naturels, inabordables par la voie mathématique. Nous avons déjà dit comment le raisonnement pur pourrait en prédire toute évolution arbitraire avec une variété presque infinie d'arguments.

III. — L'ABORD RATIONNEL DE L'ETUDE DES COMPLEXES NATURELS

Nous voici mis en garde contre les dangers de l'interprétation des complexes naturels par le raisonnement qualitatif. D'autre part, l'impossibilité d'établir mathématiquement l'évolution de ces complexes ne laisse pas le moindre doute.

Entre la manière toute subjective d'étudier un complexe de faits naturels et la méthode rigoureuse du physico-mathématicien d'établir l'évolution d'un système matériel, il reste la méthode semi-empirique des maîtres naturalistes.

L'objet de cette note n'était pas d'étudier cette méthode. Nous avons voulu nous borner ici à dénoncer les principales erreurs qui résultent d'un emploi inconsidéré du pur raisonnement et à en rechercher les causes. Disons-le clairement en terminant : ce n'est pas le principe du raisonnement qualitatif que nous avons entrepris de cri-

tiquer, mais l'emploi mauvais qui en est fait trop souvent. On écrira toujours d'excellentes choses sur les complexes naturels sans le secours des chiffres. Toutes ces pages se résument à dire : « Ne prétendons pas tirer du raisonnement qualitatif des conclusions plus précises que la trop grande généralité de cette méthode ne nous permette d'établir ».

Il appartient à d'autres plus qualifiés d'analyser d'une manière approfondie la méthode adéquate. Mais nous encourerions trop le reproche d'avoir fait œuvre purement négative si nous n'esquissions pas au moins en conclusion les principes généraux de cette méthode qui a tant fait progresser notre compréhension de la Nature.

La méthode semi-empirique par quoi il est possible d'interpréter un complexe naturel d'interaction repose entièrement sur l'intuition. Le pur logicien est désemparé devant le caractère global d'un tel complexe. La tendance naturelle de son esprit est de raisonner en chaîne déductive linéaire. S'il est audacieux, il amorcera un tel raisonnement et, le plus souvent, concluera faussement. S'il est circonspect et s'il sait les périls qui la menacent, il ne concluera pas ou se bornera à de prudentes généralités.

L'intelligence intuitive, au contraire, par une sorte de cristallisation instantanée de la pensée, saisit globalement la structure la plus déterminante du complexe. L'idée plus ou moins vague que l'intuitif a de ce dernier se précise peu à peu à l'examen des faits. Toujours guidé par l'intuition plus ou moins consciente qu'il a de la réalité, l'intuitif sent les éléments fondamentaux qui la composent et devine les interactions qu'il importera ensuite d'analyser.

C'est ici que l'observation attentive des faits et la mesure des éléments les plus déterminants vont jouer leur rôle essentiel. Car l'intuition a aussi ses dangers. Des mathématiciens illustres en ont été les victimes. Il faut donc que l'interprétation des données objectives et l'intuition se contrôlent et s'éclairent mutuellement dans une marche toujours plus rationnelle vers la solution. Sinon, l'intuitif peut se laisser abuser par la force du sentiment qu'il a « d'être dans le vrai » et commettre ainsi de lourdes erreurs.

En résumé, la méthode semi-empirique procède d'abord par synthèse intuitive, du composé au simple, guidée par une vue générale et comme estompée du problème. L'analyse quantitative des faits y prend ensuite une importance croissante. La structure plus détaillée du complexe apparaît. Les faits d'observation toujours plus nombreux sont recueillis et précisent cette structure. Enfin, dans la dernière phase de la recherche, analyse et synthèse se conjuguent. Chaque progrès de l'analyse ajoute à l'harmonie et à la solidité de la synthèse, cadre supérieur à notre compréhension de la Nature.

Pour plus d'objectivité écoclimatique dans le problème de la conservation des sols africains

par

E. A. BERNARD,
Licencié en Sciences mathématiques,
Chef de la Division de Climatologie de l'INEAC.

Notre but ne sera pas ici de réexposer les considérations générales et didactiques sur le rôle essentiel que jouent les caractères du climat dans la formation et dans l'évolution d'un sol tropical donné. Ces thèses sont trop familières aux pédologues et aux agronomes coloniaux réunis à cette Conférence. Leur importance échappe rarement à l'auteur de toute étude d'agronomie ou de pédologie relative à une région tropicale. Celui-ci a coutume, en effet, d'introduire son étude par un aperçu du climat régional qui expose les régimes moyens de la température et des précipitations ou d'autres caractéristiques climatiques. Il ne manque pas ensuite d'en souligner les principales conséquences dans le cadre de l'étude envisagée. Mais cette méthode ne se justifie que si les conclusions dégagées restent aussi générales que les prémices écoclimatiques utilisées. Nous avons tenté de montrer dans la communication précédente le péril du raisonnement qualitatif dans l'étude interprétative des complexes naturels et comment les problèmes touchant l'évolution de ces complexes doivent être posés autant que possible dans le plan quantitatif. Or, l'écoclimatologie qui embrasse les causes principales et mesurables de cette évolution trace une voie naturelle vers la solution rationnelle de ces problèmes.

L'abord écoclimatique du problème de la conservation des sols africains s'avère particulièrement indispensable. L'évolution de la biosphère africaine est sous une dépendance beaucoup plus étroite du climat que les autres continents. La distribution des sols et des faciès végétaux de l'Afrique paraît, dans l'ensemble, calquée sur la carte de ses climats. D'autre part, l'Afrique est l'étendue terrestre la plus tropicale et la plus massive. C'est aussi celle dont la biosphère reflète les caractères les plus accentués de continentalité. En effet, les alizés n'apportent à l'Afrique que des influences océaniques généralement très amoindries par la disposition particulière du relief et des masses continentales voisines. Ces influences ne s'exercent nettement que

dans certaines régions côtières très limitées de la partie nord-occidentale. Dans l'ensemble, les climats africains sont donc chauds et secs. Conséquence de la continentalité, la variabilité des éléments qui les composent est élevée. Les climats tropicaux plus ou moins arides couvrent 83 % de la superficie de l'Afrique; ce chiffre inclut 55 % de steppes et de déserts. Des 17 % restants, 16 % possèdent un climat forestier mais d'une ombrophilie très atténuée par la continentalité. Enfin, 1 % seulement du Continent jouit d'une franche ombrophilie. Tous ces faits établissent la grande instabilité de l'équilibre de la biosphère africaine relativement à l'ablation de son manteau végétal

Le problème de la conservation des sols africains déjà pauvres sera donc avant tout un problème de protection contre les agents climatiques. La mise au point, dans une région donnée, des méthodes de protection, optimales et durables, y nécessite donc l'étude des intensités des éléments écoclimatiques qui influencent le plus directement le sol et l'établissement des fluctuations de ces intensités dans le temps. Il ne suffit plus dans ces recherches de citer à l'appui d'une thèse protectrice nouvelle une moyenne de température ou un régime de précipitations. Il est, en effet, aisé en partant de faits climatiques trop généraux et par l'emploi habile du raisonnement, d'aboutir à la conclusion subjective la plus favorable. Dans ces recherches, des données écoclimatiques directes préciseront mieux qu'un long raisonnement la valeur améliorante de telle méthode culturale pour le pédoclimat d'une plantation. Les données relatives aux bilans thermique et hydrique du sol sont ici les plus essentielles. Il convient de les compléter par de bonnes observations sur des éléments écoclimatiques atmosphériques qui les déterminent. Il faut citer ici l'importance des mesures sur la radiation globale, la luminosité, la température de l'air, le déficit de saturation, la tension de vapeur d'eau, le pouvoir évaporant de l'atmosphère, l'intensité des précipitations.

Pour des études plus générales, les renseignements sur ces éléments, recueillis dans les stations climatologiques de la région, pourront suffire. Mais des études particulières d'ordre microclimatique nécessiteront du chercheur des observations directes sur ces éléments et la détermination préalable des conditions les plus significatives de ces observations.

Faut-il insister sur l'importance de ce dernier point ? Un mauvais chiffre est plus nuisible au progrès scientifique qu'un vicieux raisonnement. Les chiffres qui sont rares se transmettent d'auteur à auteur durant des décades. Un raisonnement s'oublie ou se corrige. Les conditions des recherches microclimatiques portent sur le choix des instruments, leur mode d'installation, la détermination des niveaux d'observation, l'utilisation la plus judicieuse des enregistreurs. Il faut aussi choisir les heures d'observation, saisir les journées et les périodes de l'année les plus caractéristiques. Les données ainsi accumulées doi-

vent être traduites dans les formes les plus significatives pour le problème étudié et, les résultats, corrigés des erreurs expérimentales. Il reste enfin à analyser statistiquement l'amas des chiffres recueillis, à en extraire les moyennes et à fixer les intervalles de variabilité les éléments mesurés.

Pourtant, ces patientes recherches préparent seulement la phase interprétative des faits. Elles nécessitent déjà un labeur considérable, l'acquis de connaissances nouvelles et des moyens souvent coûteux. Sans doute, est-ce la raison de la rareté des données écoclimatiques originales dans la littératude agronomique et géographique du Continent ? Mais cette méthode qui concentre la recherche sur la connaissance objective de causes déterminantes, réalise une grande économie d'efforts et de pensée. Dans les problèmes de l'évolution des sols africains, elle évite une grande part des tâtonnements stériles et des discussions sans cesse renouvelées. Quelques bonnes données écoclimatiques sur l'influence pédoclimatique des feux de brousse, sur la protection thermique qu'offre au sol telle couverture végétale, sur les circonstances régionales de l'érosion, contribuent plus aux progrès de ces questions qu'une argumentation extensive mais trop générale.

Les considérations précédentes envisagent l'aspect écoclimatique du problème de l'évolution des sols africains sous un angle particulier, dans l'échelle de temps très courte des fins pratiques de la colonisation. Mais il importe de poser le problème de l'évolution des sols africains dans le cadre des grandes fluctuations climatiques du Continent. La distribution actuelle des sols de l'Afrique est le point terminal de la ligne d'évolution que les variations climatiques quaternaires ont imposée à la biosphère. Cet aspect fondamental de la pédologie africaine reste à peine exploré.

En accumulant les faits d'observations de disciplines diverses sur l'histoire de cette biosphère, nous pourrons déterminer progressivement l'allure de cette évolution et par là, l'extrapoler dans le proche avenir. La grosse difficulté est ici d'établir les fluctuations climatiques locales et temporaires au sein des variations quaternaires principales. Une meilleure connaissance des faits écoclimatiques et hydrologiques contemporains du Continent aidera encore à résoudre ce problème. Les climats du globe évoluent, en effet, selon un système obéissant à des lois invariables : un désert qui s'installe ici crée là-bas une forêt.

* *

En conclusion de cette communication, nous formulons le vœu que cette Conférence, reconnaissant l'importance de l'écoclimatologie dans le problème de la conservation des sols africains et l'insuffisance des connaissances objectives acquises, recommande que les observations écoclimatiques reçoivent dans les études ultérieures l'attention qu'elles méritent. La Conférence devrait souhaiter aussi qu'un contact plus étroit s'établisse dans chaque pays entre les spécialistes de la conservation des sols et les Services Météorologiques centralisateurs.

Cette collaboration est nécessaire pour le recueil des données complètes de climatologie régionale intéressant ces spécialistes et pour la mise au point des méthodes instrumentales dans leurs recherches écoclimatiques. Enfin, cette collaboration permettait aux Centres d'études permanents de la conservation des sols d'établir leurs stations d'écoclimatologie selon les normes des réseaux météorologiques adoptées internationalement. Il faut attirer ici l'attention sur les récentes décisions prises en 1947 à Toronto par la Commission Internationale de Météorologie agricole.

COMMUNICATION N° 164.

Note sur l'ensablement des « Niayes » de M'Boro et recherche d'un moyen efficace de lutte

par

J. DUBOIS,
Chef de travaux des laboratoires de l'Agriculture aux Colonies,
Pédologue du Secteur Soudanais de Recherches Agronomiques.

Les « niayes » sont des dépressions humides et même en partie inondées pendant la saison des pluies, situées entre les dunes derrière le cordon littoral depuis la presqu'île du Cap Vert jusqu'à l'embouchure du Sénégal. Leurs formes et leurs dimensions sont irrégulières. Dans l'ensemble, cependant, elles sont plutôt allongées dans le sens Nord-Est-Sud-Ouest. Celles de M'Boro sont situées à l'Ouest de Mékké; une station agricole y a été installée, une coopérative de vente y fonctionne.

L'ensablement est certain. Le paléo-sol tourbeux que l'on rencontre en creusant des trous sur les premières pentes en est une des preuves. Il se continue actuellement :

— par apports éoliens,

— par dunes vives,

— par dunes semi-fixées.

Dans le premier cas, le sable fin peut être entraîné par le vent à de grandes hauteurs et à de grandes distances. L'alizé, qui prend en enfilade toute la bordure côtière, très dénudée et sans obstacle, en transporte de grosses quantités vers le Sud et le Sud-Ouest. Placé sur la plage, face à l'Océan, l'observateur constate très nettement, à sa droite et à sa gauche, la présence d'une sorte de nébulosité gris jaunâtre, alors que devant et derrière lui le reste du ciel est bleu. Lorsque le vent souffle vers le Sud, le sable pris sur la côte pénètre obliquement à l'intérieur des terres; le vent ralentit du fait du frottement dû aux obstacles et le sable se dépose.

L'ensablement par dunes vives a lieu surtout en bordure de l'Océan, où le vent est plus rapide et menace des fonds dont la majorité sont salés ou peu humides. Etant donné la direction principale du vent, parallèle à la côte, la progression des dunes vers l'intérieur est assez faible.

Il est difficile de fixer les dunes, en raison de la violence du vent et de l'ensablement lui-même. Il faudra que les plantes employées puissent suffisamment prolonger leurs tiges recouvertes de sable.

Sur les dunes fixées par une maigre végétation, le sable descend peu à peu sur les pentes, sous l'effet du vent et du passage des hommes et des animaux.

Le vent pousse le sable dans la direction Nord-Est-Sud-Est. L'action la plus brutale a lieu lorsque la direction du vent suit approximativement une ligne de niveau ou se fait sentir sur un plateau dominant une niaye. Ainsi cette action dépend de l'orientation et de la topographie.

Une autre action du vent consiste à former des rides par suite d'un mouvement périodique de saltation et à faire perdre toute consistance à la surface du sol, beaucoup plus sensible ensuite aux actions suivantes :

A chaque pas sur le flanc de la dune, le pied ou la patte entraîne un peu de sable vers le bas et détruit la végétation. L'action est d'autant plus sensible que le passage est plus fréquent, la pente plus forte, le couvert plus réduit. Il semble qu'elle soit aussi importante que celle du vent.

Les cultures et le broutage dénudent et ameublissent — s'il est possible — le sol, elles favorisent aussi l'entraînement vers le bas.

Il est difficile de préciser l'état actuel de l'ensablement, dans l'impossibilité où l'on est de percer toute la région à la recherche des sols tourbeux enterrés. On peut constater que le sable gagne peu à peu sur les bords et la niaye se rétrécit. Ainsi une coupe pratiquée à 5 m. environ de la limite des sols tourbeux sur un terrain en pente assez douce a montré les horizons suivants :

0 à 1 m.: horizon gris très sableux;

au-dessous de 1 m.: horizon tourbeux noir sans sable.

Ailleurs est le lit encore très visible d'un marigot coupé par une bande de sable.

Les dépressions suffisamment étendues sont en grande partie recouvertes d'une couche de sable d'apport éolien qui enlève la surface et l'éloigne de la nappe d'eau. Il y a ainsi des superficies importantes où la culture des légumes nécessiterait des installations de pompage. Peut-être pourrait-on les utiliser en les plantant d'arbres fruitiers irrigués les premières années et dont, par suite, les racines suffisamment profondes pourraient atteindre une zone d'humidité convenable. Sans aller jusqu'à un tel ensablement, on rencontre fréquemment des sols tourbeux mélangés de sable amené paf le vent.

Il est à constater que les dépressions les plus intéressantes se trouvent au voisinage des dunes. Si ces dernières font peser une grave menace d'ensablement (par dunes mortes) en ceinturant la niaye de plus en plus étroitement, il n'en est pas moins vrai qu'elles protègent leur entourage d'apports éoliens trop importants.

REMEDES CONTRE L'ENSABLEMENT

Ils seront de trois ordres :

— l'interdiction de certaines zones dangereuses, à la culture et au pacage;

— la reconstitution ou la création d'un couvert végétal suffisant;

— la création de brise-vent.

Il est évident que ces trois catégories de remèdes vont ensemble le plus souvent. Les deux dernières sont étudiées à la fois.

Les zones à interdire à la culture et au pacage sont à classer par ordre d'urgence en se fondant sur la topographie, l'orientation et la proximité de la station agricole. Elles devront être entourées de haies vives empêchant le passage du bétail. De nombreux couloirs bien bordés sont à ménager obliquement par rapport à la direction de plus grande pente et à la direction du vent pour permettre aux hommes et aux animaux de passer sans être tentés de traverser la zone interdite. Les haies protégeant ces zones seront constituées au début de *Euphorbia balsaminifera* en raison de la reprise facile de cette plante et de son utilisation par les habitants. Derrière cette haie, pourra être plantée, si elle se révèle insuffisante, une haie d'épineux : *Opuntia* aff. *tuna, Fagara xanthoxyloides,* si la situation est assez basse, *Acacia ataxacantha* en toutes situations.

La reconstitution ou la création d'un couvert végétal suffisant et l'établissement de brise-vent nécessite l'étude de la végétation locale dans les différentes situations qui se présentent. Les constatations suivantes ont été faites : d'une manière générale, la région côtière des dunes est caractérisée par une pluviosité assez faible (environ 430 mm. à M'Boro), une forte humidité manifestée la nuit par une abondante

rosée, des vents à peu près constants, un sol très sableux et très pauvre, humide en profondeur dans la partie inférieure des dunes.

Des espèces guinéennes, soudanaises et sahéliennes s'y rencontrent.

A proximité immédiate de l'Océan, dans la zone des dunes vives, le figuier de Barbarie (*Opuntia* aff. *tuna*) est excellent, en situation peu élevée, mais au sommet des dunes il ne pousse pas bien et se flétrit. *Gymnosporia senegalensis* en taches peu hautes mais assez serrées, semble être la meilleure plante, poussant sans difficulté dans les situations hautes. La graminée stolonifère *Sporobolus spicatus* et *Ipomoea pes-caprae* signalée par J. TROCHAIN (*) entre la petite lagune et la mer, dans un groupement auquel il donne leur nom, ne semble convenir qu'aux endroits suffisamment humides. *Scaevola Plumieri* serait à essayer d'après ce qu'en dit J. TROCHAIN (Station : lagune de Barbarie au Sud de Saint-Louis, cordon littoral à Joal et à Palmarin).

Plus à l'intérieur, en partant de la niaye et en montant sur la dune, plusieurs zones de végétation se rencontrent. Le bord de la niaye n'a pas retenu l'attention, car il n'y a aucune difficulté à trouver les espèces pouvant couvrir le sol ou servir de brise-vent.

Jusqu'à 5 m. environ au-dessus du fond de la niaye, les essences les plus intéressantes semblent être : *Jambosa* sp. (introduit) arbre à croissance rapide, à feuillage abondant et retombant assez bas, cependant sans couvrir le sol;

Prosopis juliflora (Prosopis commun des haies plantées) n'est plus à décrire;

Dialium guineense : ici arbuste assez haut et très touffu, couvrant admirablement le sol.

Jusqu'à 10 m. environ, sont recommandables :

Detarium microcarpum. Arbre ici d'assez petite taille; lorsque le tronc est coupé, il rejette abondamment jusqu'à plusieurs mètres, de sorte que le sol est assez bien couvert.

Ainsi, certaines zones de faible surface n'auraient pas à être plantées, mais seulement protégées.

Landolphia Heudelotii arbustif et buissonnant, un peu grimpant,

Aphania senegalensis, arbustif,

Anona senegalensis, arbustif,

Strychnos sp. arbustif.

Plus haut, le couvert du sol ou l'arrêt du vent devient nettement plus difficile à réaliser, c'est le « Pseudoclimax » à *Aristida stipoides* de J. TROCHAIN où il n'y a guère que les pieds en touffe de cette dernière.

Detarium microcarpum se rencontre parfois. Artificiellement multiplié, il donnera probablement de fort bons résultats.

(*) J. TROCHAIN. — *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal.* — Thèse, Paris, 1940.

Faidherbia albida, multiplié maintenant, ne pourrait rendre quelques services que dans un avenir assez lointain.

Prosopis africana, assez haut mais peu touffu, croît très lentement, mais son bois dur est excellent pour le chauffage et le charbon de bois.

Fagara xanthoxyloides, petit arbre à feuillage peu dense et caduc, peut être utile en tant qu'épineux à rôle protecteur.

Strophantus hispidus, arbuste à grandes branches linniformes.

Euphorbia balsaminifera de reprise très facile est bien connu pour arrêter le sable.

Gymnosporia senegalensis.

Cassia occidentalis, plante herbacée à tige dure et dressée, ne donne pas un couvert très touffu mais reste vert pendant la saison sèche. Il est probable qu'un semis suffirait pour plusieurs années.

Cissampela owariensis, petite liane, en association avec *Fagara xanthoxyloides,* pourrait en grimpant augmenter le touffu de ce dernier.

Aux environs du sommet, la végétation naturelle devient très faible sur les versants exposés aux vents. Il semble que pour les plantes à racines peu profondes, les faibles ressources en eau empêchent de dépasser une densité limitée. Quelques espèces semblent présenter un certain intérêt :

Prosopis africana se rencontre parfois.

Parinari macrophylla a un assez bon couvert mais sa croissance est lente.

Acacia ataxacantha, grand arbuste épineux, perd ses feuilles en saison sèche. Sa croissance est lente.

Commiphora africana est un arbuste qui pousse en Mauritanie méridionale et se retrouve à M'Boro. Il ne donne qu'un faible couvert.

Euphorbia balsaminifera.

Gymnosporia senegalensis.

Jatropha Chevalieri, utile seulement pour fixer le sol; a un couvert très faible.

Panicum turgidum, par ses peuplements en touffes, recouvre une grande partie de la Mauritanie du Sud; il est, à M'Boro, à la limite méridionale de son aire. Peut-être arrêterait-il mieux le sable que *Aristida stipoides.*

A l'abri du vent, en plus des plantes précédentes, pousse par grandes taches :

Guiera senegalensis.

Nous voyons donc qu'à chaque hauteur correspondent certaines espèces à employer. Aucune n'a à la fois toutes les qualités requises (brise-vent, couvert, maintien du sol). Il faut établir des bandes successives d'espèces en suivant les lignes de niveau. La répartition et la

composition de ces bandes varieront avec la situation topographique et l'orientation du versant. Si ce dernier est exposé au Sud-Sud-Ouest, les bandes brise-vent seront de moindre importance que les bandes d'arrêt pour le sol. Si même la pente est très faible, sous la même exposition, il suffira d'interdire l'accès sans rien faire pousser, car le vent aura tendance à enlever peu à peu le sable. Les bandes seront plus ou moins rapprochées selon que la pente et le vent seront plus ou moins forts.

Un des inconvénients à prévoir d'un tel système est que ces bandes boisées serviront de refuges à des animaux prédateurs et nuisibles : singes, rats, serpents. Mais cela demeure secondaire : la protection contre l'ensablement étant à plus ou moins longue échéance une question de vie ou de mort pour les niayes.

EXPERIMENTATION PROPOSEE

Un reboisement d'une telle envergure ne pourra pas être réalisé avant plusieurs années. Si la mise en train la plus rapide s'impose sur les seules données actuelles dans les zones les plus menacées, l'expérimentation, avant qu'il ne soit trop tard pourra fournir des résultats qui permettront une action plus efficace et moins coûteuse. Elle permettra également de juger certaines plantes que l'on pourrait introduire.

Deux séries de bandes d'une même essence dirigées selon la plus grande pente sont à constituer, la première série sur une pente exposée au Nord-Nord-Est, la deuxième série sur une pente exposée au Sud-Sud-Ouest. La largeur des bandes variera avec la dimension des plantes. Dans une situation basse où poussent des essences très fournies, il sera inutile d'essayer les espèces dont on est obligé de se contenter pour les situations hautes.

Le tableau ci-contre indique un plan possible.

Par la suite, quelques espèces locales ou d'introduction pourront être ajoutées s'il s'en révèle d'intéressantes.

CONCLUSION

La richesse des terres de niayes comparée à la pauvreté des sols avoisinants incite à conserver, même au prix de grosses difficultés, un bien si peu étendu.

Les dangers de salure, d'acidité, etc., semblent moins importants que celui d'ensablement. Nous venons de voir que l'interdiction de certaines zones au pacage et à la culture, la constitution d'un couvert végétal suffisant et la création de brise-vent, sont les mesures nécessaires, et semble-t-il, suffisantes. Si elles sont difficiles à réaliser, elles ne paraissent pas présenter d'impossibilités. Dans ces conditions, on peut espérer que les niayes pourront être protégées.

1 5 10

Hauteur

Jambosa sp. | *Cassia occidentalis*

Prosopis inermis

Dialium guineense

Detarium microcarpum

Landolphia Heudelotii

Aphania senegalensis

Sommet de la dune

Strychnos sp

Strophantus hispidus

NIAYES

Fagara xanthoxyloides

Gymnosporia senegalensis

Parinari macrophylla

Opuntia tuna

Euphorbia laro (*)

Acacia ataxacantha
Cissampela owariensis

Jatropha Chevalieri
Panicum turgidum

Commiphora africana + *Cissampela owariensis*
Panicum turgidum

Prosopis africana

(*) Introduit de Madagascar; se développe dans la presqu'île du Cap-Vert.

Note du Service Météorologique du Congo Belge

OBJET.

L'importance fondamentale des éléments climatologiques dans de nombreux problèmes de Pédologie, demande que ces éléments de base de la climatologie — les statistiques et les relevés des observations — soient présentés dans une forme utilisable aux biologistes et aux pédologues.

Il en résulte que les méthodes d'observation et de publication doivent être uniformisées et que le genre de mesures doit être précisé clairement par la collaboration des météorologistes, pédologues et biologistes examinant en commun les moyens d'investigation et les données à recueillir. Ceci doit permettre aux services météorologiques d'augmenter l'utilité de leurs relevés climatologiques de la manière la plus rationnelle et la plus éconmique possible.

I. — GENERALITES

Dans l'étude des sols, toutes les questions touchant à la transformation ou au transport des couches superficielles sont liées plus ou moins étroitement aux éléments du climat. La climatologie proprement dite apporte les renseignements relatifs à l'énergie reçue ou émise par le sol sous forme de radiation, à la température et aux échanges de chaleur, à l'action mécanique ou chimique des précipitations, à l'action mécanique ou desséchante des vents et au transport par ceux-ci d'éléments biologiques végétaux ou animaux venant se fixer dans ou sur les sols.

L'hydrologie contribue à son tour en apportant des données concernant certains phénomènes d'érosion des lits des cours d'eau ou de leurs abords.

Enfin, ensemble, la climatologie et l'hydrologie permettent d'étudier les composantes principales du bilan d'eau de la biosphère, dont le sol constitue une partie si importante. Ce dernier aspect revêt notamment en Afrique un intérêt considérable qui devient évident lorsque

l'on considère les très graves et très urgents problèmes que posent d'une part l'érosion et d'autre part la nécessité d'améliorer les méthodes de culture.

Nous ne parlerons pas de l'aide indirecte apportée par la météorologie aux problèmes pratiques que rencontrent les mesures de conservation des sols et de lutte contre l'érosion. Elle est grande, variée, mais n'intervient, en général, qu'à travers des considérations d'ordre agricole ou forestier et n'intéresse pas directement la question de standardisation posée par la présente note.

II. — FACTEURS PRINCIPAUX A CONSIDERER POUR QU'UNE CLIMATOLOGIE SOIT UTILE

La climatologie classique s'est bornée depuis un siècle à décrire les climats, et cela d'une façon très générale dans le temps et dans l'espace. Bien que de très nombreuses études particulières aient choisi des objets plus restreints et plus précis que le climat général — ce qui a fait naître les termes de micro-climatologie, bioclimatologie et tant d'autres — ce n'est que récemment lorsque l'accent a été nettement mis sur la nécessité d'étudier le *milieu*, qu'une orientation décisive vers les sciences biologiques a été donnée. L'écoclimatologie était née. Son objet est l'étude du complexe sol — être vivant — atmosphère, du point de vue de la physique.

Deux groupes de travaux se présentent en écoclimatologie. Le premier consiste en travaux fort limités dans l'espace et concerne les réactions d'un ou de plusieurs éléments physiques ou biologiques aux variations d'un élément physique : un exemple typique touchant la pédologie est celui des mesures lysimétriques. Ces travaux sont généralement du ressort du laboratoire et la collaboration du météorologiste avec le pédologue et le biologiste est facile à réaliser. Le problème est local, son objet précis, son programme de mesure bien particulièrement adapté au but poursuivi.

Le second groupe comprend les travaux où intervient la *comparaison* de mesures faites en de nombreux endroits et, souvent, pendant de longues périodes de temps. Les problèmes considérés sont toujours très complexes, comportent l'observation de nombreux éléments et — ce qui accroît beaucoup la difficulté — ces nombreux éléments sont enchevêtrés et ne sont pas mesurés individuellement, mais « appréciés » seulement par la mesure d'autres grandeurs secondaires qui se prêtent mieux à l'observation.

La majeure partie des problèmes d'écoclimatologie appartient à cette seconde catégorie. Les méthodes sont diverses, mais toutes tendent à déduire des corrélations — et espèrent découvrir des lois — par la comparaison de séries d'observations. Or, dans la chaîne compliquée des phénomènes qui constituent tout problème d'écoclimato-

logie, il s'en trouve toujours qui sont d'ordre biologique. Ils introduisent le premier des facteurs à considérer pour la mise au point des méthodes d'investigation : *l'échelle des temps*. Celle-ci est en général beaucoup plus petite pour les phénomènes biologiques que pour les phénomènes géophysiques, et pour que des corrélations puissent être significatives il est indispensable que les périodes d'observation soient mesurées avec une échelle du même ordre de grandeur. Par exemple, la période pendant laquelle une transformation appréciable des matières organiques du sol peut être produite dans certaines circonstances par des microorganismes, est plus petite qu'un mois. Des moyennes mensuelles d'observations de température ou d'humidité ne sont, par conséquent, d'aucune utilité pratique pour de tels problèmes.

Dans le domaine purement mécanique même, comme celui du transport de terrain par les eaux de ruissellement, des moyennes mensuelles de pluie manquent souvent d'intérêt, car la concentration de toute la précipitation d'un mois en quelques jours donne à l'action de celle-ci un caractère beaucoup plus grave. La moyenne ou l'intégrale du phénomène doit être faite sur un laps de temps approprié aux études envisagées.

On pourrait en conclure qu'il faut donc utiliser des valeurs instantanées ou mesurées sur des périodes très courtes, de quelques heures par exemple. Il n'en est rien : il faut grouper ou intégrer les observations, d'abord parce que l'emploi de moyennes offre l'avantage d'« égaliser » les fluctuations du hasard et de faire apparaître les caractères principaux des phénomènes; ensuite parce que la publication et l'échange de données journalières se heurterait à des difficultés matérielles énormes dues au volume de la documentation nécessaire et au prix d'édition de celle-ci.

Il y a donc lieu de choisir la période la plus apte à servir les besoins, tout en restant dans les limites des possibilités pratiques.

Deux périodes ont été recommandées depuis 1935 par l'Organisation Météorologique Internationale (Varsovie) : la pentade (5 jours) et la décade (10 jours). Il semble bien que la plus courte de ces deux périodes soit plus significative au point de vue biologique : une plante par exemple, marquera souvent les premiers effets de changement de régime après 5 jours, alors qu'elle pourrait être morte ou avoir subi de grandes transformations après 10 jours. Comme il est toujours possible de passer des moyennes pentadaires aux moyennes décadaires, *mais non l'inverse*, la pentade présente des avantages indiscutables.

Le deuxième facteur important dans l'organisation des observations écoclimatologiques concerne le cycle diurne-nocturne que suivent tous les éléments liés à la rotation de la terre. La séparation des données correspondant au jour de celles correspondant à l'obscurité est

essentielle et doit permettre une meilleure appréciation des effets de la radiation, de la température, de la pression de vapeur d'eau, etc., sur l'évolution du complexe climat-sol.

Un troisième facteur à considérer dans tous les travaux où des comparaisons sont effectuées entre données relatives à des emplacements différents, est l'*exposition* des instruments. Ceci est évident mais n'est cependant pas l'objet d'une rigoureuse discipline internationale : suivant les pays, cette exposition varie dans de très larges mesures et rend les observations de certains éléments fort peu comparables.

La standardisation de l'exposition est, elle aussi, à la fois une nécessité scientifique et une disposition pratique d'économie, car elle permet l'emploi d'instruments plus simples et plus robustes, mais relatifs, au lieu d'imposer des appareils absolus, délicats et coûteux. Un exemple typique est celui de la mesure de la température de l'air qui est difficile à réaliser d'une manière absolue et précise, mais qui est facile à obtenir avec une erreur à peu près la même dans toutes les stations d'observations, grâce à la standardisation des abris et du sol sous ceux-ci.

Enfin, d'autres facteurs tels que les heures d'observation, les procédures expérimentales, les types d'instruments et les unités, doivent être unifiés et choisis de telle manière que les résultats des mesures soient utilisables par ceux qui en ont besoin. L'unification tend à se faire, sauf en ce qui concerne les heures, mais malheureusement le contact entre le producteur-climatologiste et le consommateur-pédologue (ou biologiste) est tout à fait insuffisant. Il en résulte une situation qui devient de plus en plus paradoxale : les météorologistes standardisent tous les jours un peu plus leurs procédures et risquent d'en arriver à produire des statistiques parfaitement homogènes et uniformes dont l'utilité sera faible ou nulle pour leur principal client : le biologiste!

III. — COLLABORATION NECESSAIRE

A la lumière des considérations qui précèdent, il apparaît clairement que les hommes de science utilisant les données climatologiques devraient poser leurs conditions. Il s'agit, en effet, de l'organisation de réseaux importants immobilisant des instruments et du personnel, publiant de volumineux relevés et consacrant un temps très considérable à l'entretien des stations et au perfectionnement des procédures. Cet effort, qui devient aujourd'hui universel, gagne beaucoup au contact avec les agronomes, les pédologues et les physiologistes; mais il est encore très insuffisant, il y a trop de compartiments étanches et trop peu de « travail d'équipe ».

Une tentative de fournir des statistiques biologiquement significatives a été faite par la dernière Conférence Régionale Africaine de

l'Organisation Météorologique Internationale, à Salisbury (Rhodésie) en 1947. Elle concerne les renseignements climatologiques proprement dits et les données hydrologiques. Un grand nombre de services météorologiques y sont intéressés et celui du Congo Belge y a souscrit sans réserve. Les deux résolutions en question sont données au chapitre suivant.

Toutefois, deux obstacles de caractère non technique sont à surmonter pour arriver au but : l'un est d'ordre psychologique, celui du contact plus étroit avec les sciences connexes; l'autre est d'ordre administratif, celui de l'organisation des réseaux de stations. Ces deux obstacles seront surmontés précisément si des réunions comme celle de Goma incitent les spécialistes à prendre note de résolutions comme celles qui suivent, à approcher les services météorologiques de leur pays pour une collaboration étroite et à recommander à leurs gouvernements respectifs, dans l'intérêt d'un rendement meilleur, les mesures administratives permettant la standardisation des procédures climatologiques en Afrique.

IV. — RESOLUTION DE L'O. M. I.
(Organisation Météorologique Internationale)
(Salisbury 1947)

Résolution XXIX « Renseignements climatologiques »

« Dans le but de promouvoir l'étude de la météorologie générale » et des sciences biologiques et géographiques en Afrique, la Commis- » sion estime désirable que :

» 1. Les Services météorologiques publient des données détaillées » de stations sélectionnées, au lieu de publier d'une manière superfi- » cielle des données de toutes les stations, comme valeurs mensuelles » seulement.

» 2. Conformément à la Résolution 15 de la Conférence des Di- » recteurs, Varsovie, 1935, les valeurs moyennes et totales des élé- » ments climatologiques devraient être calculées par pentades et par » mois.

» 3. Pour que les statistiques climatologiques soient représenta- » tives et utiles pour l'étude de l'écologie de l'Afrique, les éléments » principaux — radiation globale, insolation température de l'air, » pression de la vapeur, déficit de saturation, vent, pression et préci- » tation — devraient être, autant que possible, inclus dans les statis- » tiques sous une forme standard et avec leurs caractéristiques essen- » tielles (extrêmes, moyennes, fréquences, etc.), les moyennes et les » totaux pour les heures de jour et pour les heures de nuit étant » séparés. »

Résolution XXX « Renseignements hydrologiques »

« Là où il y a lieu, les Services météorologistes africains devraient » prendre et maintenir un contact étroit avec les Services hydrologi- » ques de leur pays afin que ces derniers leur fournissent les moyen- » nes pentadaires des hauteurs limnimétriques converties autant que » possible en débit. Ces hauteurs devraient être relatives aux points » des cours d'eau séparant un nombre suffisant de sous-bassins offrant » des caractères physiographiques bien différenciés. Il serait même » désirable que les données hydrologiques soient fournies jour par jour » pour les bassins principaux.

» La Commission estime, en effet, que ces statistiques hydrologi- » ques, jointes aux données climatiques pentadaires ou journalières, » permettraient d'entamer l'étude des problèmes importants sur l'évo » lution dans l'espace et dans le temps des phénomènes météorolo- » giques africains et, notamment, celui du transport de la vapeur d'eau » au-dessus du Continent. »

Le Service Météorologique du Congo Belge a commencé l'organisation du réseau climatologique et des publications des données sur la base des résolutions ci-dessus, espérant ainsi accumuler au cours des années qui viennent des éléments plus significatifs du climat de son territoire. Il communique actuellement, par an, environ une centaine de travaux statistiques divers préparés à la demande d'organismes officiels et privés. Il est toutefois conscient de ce que les renseignements ainsi fournis sont inadéquats, peu comparables avec des travaux similaires et que les usagers eux-mêmes formulent mal leurs demandes et n'obtiennent pas ce dont ils ont réellement besoin. Ceci semble être un mal général, mais son importance en Afrique est très grande.

La cause fondamentale des déceptions éprouvées dans l'emploi de la plupart des statistiques climatologiques réside dans le fait que les services météorologiques ignorent trop la nature exacte de ce qu'il faudrait fournir et que les spécialistes des autres sciences spécifient mal la nature exacte de ce qu'ils devraient raisonnablement demander. L'entente est indispensable et facile.

Léopoldville, le 7 octobre 1948.

Résumé de l'action favorable et défavorable des éléments météorologiques (chaleur et précipitations) sur le sol (en Afrique)

par

Paul GOEDERT,
Docteur en Sciences Météorologiste de la Colonie.

A. — GENERALITES

Pour toutes les recherches qui concernent le sol, il faut faire intervenir le climat atmosphérique local dans la classification génétique des sols. Il s'ensuit que le climat du sol peut-être défini comme la réaction du sol à son climat atmosphérique local.

Cette notion présente un très grand intérêt pratique pour la Pédologie, en particulier dans les régions tropicales où l'on trouve encore un certain nombre de sols dont on ignore l'évolution de la vie géochimique sous les variations du climat tropical.

La climatologie s'efforce de relier les variations de la chaleur et de l'humidité du sol aux données habituelles de climatologie, pour arriver ainsi à un nouveau concept du complexe : climat-sol.

Parmi tous les facteurs du climat agissant sur le sol, certains, comme la température de l'air et les précipitations, sont régulièrement observés depuis longtemps en Afrique.

Comme le sol ne pourra jamais être isolé des couches inférieures de l'atmosphère, avec lesquelles il échange constamment des relations d'interdépendance, il convient de faire valoir que les observations du macro- et du microclimat deviennent d'une importance primordiale pour l'étude et la définition du complexe « sol ».

Les deux facteurs climatologiques : la chaleur et l'humidité du climat atmosphérique, tiennent la première place dans les prospections des sols. La température et le bilan d'eau d'un sol complètent le profil pédologique en traduisant les variations en profondeur de ces deux grandeurs physiques de l'atmosphère, qu'on doit toujours prendre en considération quand il s'agit de caractériser le milieu « sol ».

L'eau sous toutes ses formes occupe le premier rang parmi les facteurs climatologiques qui agissent sur le sol, la température vient seulement après et l'insolation, dont l'importance est pourtant grande en Afrique, n'occupe que le troisième rang. *Mais l'action combinée*

de ces facteurs forme un complexe dont les effets sur le sol sont à étudier.

Tandis qu'autrefois la détermination physique et chimique du milieu sol se limitait à l'analyse des sols au laboratoire, actuellement la détermination du milieu écologique comporte à la fois l'étude du sol et de son climat atmosphérique et surtout l'étude de leurs actions réciproques.

Le Pédologue, ainsi que l'Agronome et le Planteur, doivent donc disposer de nombreuses observations climatologiques d'une zone comprise entre deux limites bien distinctes, dont la supérieure appartient à la biosphère et l'inférieure au sol.

B. — CHALEUR

En ce qui concerne la chaleur, on a surtout à étudier l'action de l'insolation sur le sol. En effet, les mesures directes de la radiation solaire nous font connaître la quantité de chaleur réelle reçue par un sol. La température présente le facteur principal de la transmission de la chaleur atmosphérique dans le sol.

La propagation de la chaleur dans le sol peut différer fortement d'un sol à un autre, en raison de la couleur à la surface, de l'hétérogénéité et de la discontinuité en profondeur. La distribution de la température en profondeur varie également avec l'exposition et la déclivité du terrain. Nous enregistrons à la surface des sols découverts de hautes températures et de fortes variations; en profondeur, par contre, les variations thermiques sont faibles : à un mètre de profondeur, par exemple, l'amplitude ne dépasse pas 3 C pendant toute l'année au Congo Belge.

C. — PRECIPITATIONS

1. — Action favorable.

Le facteur « pluie » constitue la source principale de l'humidité du sol. La pluie se répartit en trois fractions en tombant sur le sol : une partie est évaporée, soit directement, soit par la transpiration des végétaux, une autre partie traverse le sol en s'infiltrant dans les couches profondes jusqu'à la nappe phréatique, et la troisième partie est emmagasinée par le sol dans la couche arable en formant sa réserve d'eau utile.

Si les précipitations constituent ainsi la source principale de l'humidité d'un sol, il n'est pas dit que les quantités de pluies recueillies, ni leur répartition dans le temps sont suffisantes pour nous renseigner sur les réserves d'eau d'un sol à un instant donné. Toutefois, on sait que la proportion des précipitations susceptibles de ruisseler et de s'infiltrer est fonction de la vitesse de la chute de la pluie. De nombreuses observations faites dans ce sens ont montré qu'une pluie d'une intensité moyenne de 1 à 2 millimètres à l'heure est complètement absorbée par une terre horizontale.

Se basant sur cette constatation, CHAPTAL a admis qu'une pluie atteint son maximum d'effet du point de vue agricole, quand sa durée

mesurée en heures est exprimée par le même nombre que sa hauteur, évaluée en millimètres. Mes propres expériences effectuées sur différents types de sols au Congo Belge confirment en grande partie cette constatation, mais pour obtenir un résultat définitif de la réaction de la pluie en ce qui concerne sa quantité et la durée de sa chute sur un sol de telle ou telle composition chimique, il est indispensable de disposer d'un grand nombre d'observations pluviométriques.

Le Professeur BAEYENS dit dans son ouvrage remarquable sur les sols au Bas-Congo : « Nous avons déjà eu l'occasion de montrer que de petites différences de pluviosité oscillant autour de la « norme » critique de 1,400 millimètres peuvent influencer considérablement la valeur agricole d'une terre. Ces différences dans la répartition de la pluie peuvent avoir à la longue un effet marqué sur le courant descendant ou ascendant de l'humidité du sol et, par conséquent, sur sa teneur en principes nutritifs. Les grandes divergences que nous avons souvent constatées dans la richesse chimique de profils très voisins, peuvent être dues à des différences dans la composition chimique et minéralogique des roches-mères, mais nous sommes convaincus qu'elles doivent être attribuées, au moins particulièrement à de légères fluctuations locales du régime des pluies ».

L'intensité optimum de la pluie est ainsi définie. Plus l'intensité d'une précipitation s'écarte de l'unité admise, plus la proportion d'eau retenue par une terre doit diminuer.

2. — Action défavorable

Ce qui précède nous a montré l'importance primordiale de la pluie pour l'économie de l'eau d'un sol travaillé et surveillé. Nous devons considérer également l'action nuisible de la pluie sur une terre non travaillée et non surveillée.

En prenant en considération le travail mécanique de la pluie, on constate que sa chute provoque des effets morphologiques et géologiques spéciaux. Chaque goutte en frappant la terre avec force, y réalise un travail dont les résultats deviennent parfois très sensibles. A la surface des couches d'argile molle, par exemple, on voit se produire — sous le choc de la chute des gouttes de pluie — un déplacement de particules solides. L'eau de pluie, en ruisselant selon le degré de la déclivité du terrain, entraîne avec elle une plus ou moins grande partie des particules transportables qu'elle rencontre. C'est ainsi que sur les pentes, la désagrégation du sol peut atteindre des dimensions considérables.

Sur un sol nu, le ruissellement et l'érosion proprement dite, sont beaucoup plus intenses que sur un terrain couvert de végétation. En effet, le battement de la pluie a pour effet le tassement de la surface du sol, la rupture des grumeaux et la mise en suspension des particules fines dont la cohésion est brisée par le choc répété des gouttes de pluie. Une couverture de végétation ou de « mulch » pro-

tège le sol, en amortissant le choc de la pluie, et conduit celle-ci doucement jusqu'au sol.

L'érosion superficielle domine malheureusement, en raison de son action uniforme et progressive et souvent inaperçu, mais dont l'effet final est la destruction de la couche arable et la ruine du terrain.

De grands changements de relief se sont produits ainsi au détriment de la fertilité du sol, tout spécialement dans les régions montagneuses du Congo Belge. Une fois la couche arable enlevée et détruite, la dégradation, la dénudation et l'aridité deviennent maîtres absolus dans ces régions dévastées par l'érosion.

Le Congo Belge subit, lui aussi, les atteintes de l'action dévastatrice de l'érosion et il est indispensable de prendre des mesures efficaces pour la conservation du sol et d'arrêter le progrès néfaste de l'érosion.

Par le fait que l'eau de pluie constitue quasiment le principal agent de l'érosion au Congo, une étude détaillée et une connaissance approfondie de la répartition, quantité et durée de la pluie, s'impose pour pouvoir prendre des mesures efficaces de lutte contre l'érosion dans telle ou telle région menacée par ce phénomène.

Une étroite collaboration doit s'établir entre le service climatologique d'une part, les pédologues ou agronomes et les membres de la mission antiérosive, d'autre part.

Dans le domaine des statistiques climatologiques, le service météorologique de la Colonie active la réunion des renseignements climatologiques (de toute la Colonie), leur contrôle, et prépare leur interprétation et leur publication. Leur présentation et leur diffusion par un bulletin périodique a été l'objet de nouveaux efforts (photo-lithographie).

Afin de rendre les statistiques climatologiques, non seulement du Congo Belge mais de toute l'Afrique, plus représentatives, la Commission Africaine de l'Organisation Météorologique Internationale n° 1 de Salisbury a recommandé, sur la proposition des délégués des services météorologiques et écoclimatologiques du Congo Belge, que ces statistiques soient publiées sous une forme unifiée et écoclimatologiquement significative. Les diverses sciences biologiques pourraient ainsi en faire usage dans l'étude synthétique comparée de la biosphère africaine et de son évolution. Des renseignements hydrologiques, également d'une grande utilité, devront être joints aux données climatologiques.

BIBLIOGRAPHIE

J. Baeyens. — *Les sols de l'Afrique Centrale, spécialement du Congo Belge.* Tome I : « Le Bas-Congo ». Inéac, Bruxelles, 1938.

L. Chaptal. — *La mesure de la pluie en climatologie agricole.* Ann. agron. Paris, 1931

R. Geiger. — *Das Klima der bodennahen Luftschichten.* Braunschweig, 1927.

G. Tondeur. — *L'érosion du sol.* Propagande et Colonisation du Ministère des Colonies, à Bruxelles.

Variation du recrû et de la microflore sous *Hevea brasiliensis*

par

R. GERMAIN et H. LAUDELOUT.

BUT DE LA PRESENTE NOTE

Les arguments d'ordre scientifique par lesquels on a essayé de justifier jusqu'ici les techniques culturales appliquées aux plantes industrielles sous l'Equateur ne reposent pas, dans bien des cas, sur des faits rigoureusement établis

Le but lointain de ce travail sera de juger la valeur d'une méthode culturale classique appliquée à l'*Hevea brasiliensis.*

Le but immédiat visait à établir la relation éventuelle entre la luminosité et le recrû forestier. En outre, certaines caractéristiques pédo-biologiques furent étudiées afin de mettre en évidence les relations entre la production totale de matière végétale et la partie dynamique de la matière organique du sol.

L'objet étudié, par la grande régularité de sa strate arborescente au sein d'un même clone, se prêtait particulièrement à un travail de ce genre.

HISTORIQUE DES PARCELLES (1)

L'emplacement portait jadis une forêt primitive, abattue en mars 1943.

L'ouverture se fit par la méthode de non-incinération; la plantation fut réalisée en juin 1943 au moyen de stumps greffés, à la densité initiale de 462 Hevea/Ha., soit un écartement de 7 × 3 m. Elle est actuellement âgée de cinq ans et en saignée en S/2 d/2 depuis avril 1948.

Le recrû naturel qui s'est installé après abattage de la forêt est rabattu tous les six mois, le recépage se fait habituellement à 70 cm. du sol; le recrû a subi jusqu'à présent 12 coupes, la dernière se situant en janvier 1948.

On ne procède au dégagement complet que pour les lignes d'Hevea, à raison de 1 m. de part et d'autre de l'axe constitué par chaque ligne d'arbres.

(1) Nous devons ces renseignements à l'obligeance de M. Paul PICHEL, Assistant à la Division des Hevea de l'Inéac.

L'étude a porté sur six parcelles adjacentes de un hectare chacune, plantées en M4, TJ16, M1, BD5, Y3/46 et Y284/69. Les déterminations pédo-biologiques furent également effectuées sur le sol d'une forêt primitive contiguë aux parcelles.

Les valeurs d'*intensité lumineuse* exprimées en pourcentage de la lumière totale et mesurées sous la strate arborescente immédiatement au-dessus du recrû, étaient de 1,2 - 1,6 - 6 - 7,45 - 8,3 et 21,8.

I. — ETUDE DE LA VEGETATION

L'association culturale (*) Hevea - recrû forestier rappelle une futaie équienne sous laquelle s'est installée naturellement une souille frutescente.

Les groupements herbo-ligneux qui s'établissent en sous-étage dans les cultures industrielles se rattachent aux recrûs forestiers post-culturaux de la zone équatoriale. Ils en constituent cependant un faciès tout particulier et rentrent dans la catégorie des successions « tronquées » : leur évolution est arrêtée tout au début de la série progressive.

La préparation du terrain diffère selon qu'on poursuit l'installation d'une plante industrielle ou d'une culture vivrière. Dans le cas envisagé, celui d'une plantation d'Hevea, la non-incinération a épargné bon nombre de jeunes plants et de hautes tiges qui normalement auraient été détruits s'il s'était agi d'installer des plantes vivrières. Par ailleurs, les recépages sont beaucoup moins préjudiciables à la vitalité des souches que les sarclages répétés pratiqués à ras du sol.

L'occupation continue du terrain après l'abattage s'oppose à l'arrivée en masse des plantes saisonnières : le stade à rudérales est sauté, néanmoins certains de ses constituants peuvent s'y retrouver sporadiquement.

Aux espèces de la forêt primitive rejetant de souches et qui formeront une sorte de taillis, sont venues se superposer des espèces de recrû, anémochores et zoochores. Le groupement est donc, en fait, une population très hétéroclite et d'une grande richesse floristique.

Chacun des relevés porte sur une surface de 5 ares; déduction faite des parties dégagées le long des lignes d'Hevea, cette surface se ramène à 375 mètres carrés.

Dans le tableau I, nous n'avons retenu que les espèces présentes dans 50 % des cas.

(*) Nous prenons le terme association « culturale » dans le sens que lui a donné J. HENRY.

Les méthodes culturales dans le cadre de la conservation du sol. — C. R. Semaine agricole de Yangambi — 1947 — Première partie, pp. 32-42.

TABLEAU I

Relevés	R48/35	R48/33	R48/38	R48/34	R48/36	R48/37
Clones	M 4	Tj 16	M 1	BD 5	Y 3/46	Y284/69
Valeurs de l'intensité lumineuse	1,20	1,60	6,00	7,45	8,30	21,80
STRATE ARBORESCENTE						
Recouvrement	95-100%	95-100%	60-70%	85-90%	85-90%	50-60%
Hauteur moyenne	11 m.	10 m.	11 m.	12m50	11m70	12 m
Hauteur moyenne sous branches	2m00	2m60	2m60	4m30	2m50	2m90
Hevea brasiliensis Müll. Arg.	5.5	5 5	5 5	5.5	5.5	5.5
STRATE FRUTESCENTE						
Recouvrement	60-70 %	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Hauteur moyenne	1-1m50	1-1m50	1m50-2	2-2m50	2-3 m	2-3 m.
1. Elément caractéristique						
Lissochilus giganteus Welw	+.2	+.2	+.2	1.2	+.2	1.2
2. Eléments propres aux recrûs forestiers en général.						
Herbes dressées ou lianiformes						
Palisota brachythyrsa Mildbr.	2.3	+.2	2.3	1.2	2.3	2.3
» *ambigua* C.B.Cl.	—	+.2	3.3	3.3	4.3	4.4
» *Schweinfurthii* C B.Cl	+ 2	1 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2
Trachyphrynium Liebrechtsianum D.W. & Dur.	+.2	3 3	1.2	3.3	3 3	1.2
Clinogyne arillata K Schum.	+ 1	1	—	—	+.1	+ 1
» *filipes* Benth	+ 3		—	+ 2	+ 2	—
» *filipes* Benth. var. *villosa* Louis	+ 3	+ 2	—	+ 2	—	—
Suffrutex érigés ou lianiformes						
Withfieldia Arnoldiana D W et Th. Dur.	+.1	1 3	—	+ 1	+ 1	+ 1
Microdesmis Zenkeri Pax	+ 1	+ 1	—	+ 1	+ 1	+ 1
Bertiera gracilis De Wild	+ 1	+ 1	—	+.1	+ 1	+ 1
Erythrococca oleracea Prain	+.1	—	+ 1	+.1	+ 1	+ 1
Clerodendron formicarum Gürke.	+ 1	—	+.1	+ 1	+.1	+.1
Mussaenda stenocarpa Hiern	+.1	+ 1	+.3	—	1.3	+.1
Cola Bruneelii De Wild	+.1	+ 1	+ 1	+ 1	—	+ 1
Coinochlamys angolana S Moore	+ 2	+ 1	—	+.1	+.1	+ 1
Allophyllus sarmentosus J. Louis.	—		1.3	+.1	+.2	+ 1
Heinsia pulchella K. Schum.	—	—	+.1	—	+.1	+ 1
Rauwolfia Mannii Stapf	—	+.1	+.1	—	—	+ 1
Clerodendron fuscum Gurke	+.1	+.1	—	—	+.1	—
Buchnerodendron speciosum Gürke	—	+.1	—	+.1	+ 1	—
Bertiera breviflora Hiern.	+ 1	+.1	—	+ 1	—	—
Essences à bois blanc.						
Lindackeria dentata Gilg.	+ 1	+.1	+ 1	+.1	+ 1	+ 1
Macaranga Laurentii De Wild	+ 1	+.1	+.2	+ 1		
» *spinosa* Müll. Arg.	—	—	—	+.1	} 1.2	1.2
» *monandra* Müll. Arg.	—	—	+ 1	—		
Combretodendron africanum Exell.	+ 1	+.1	+.1	+.1	+ 1	+.1
Ricinodendron africanum Müell. Arg.	+.1	+.1	—	+ 1	+.1	+.1
Discoglypremna caloneura Prain.	+.1	+ 1	+.1	—	—	—
Myrianthus arborea P. Beauv.	+.1	+ 1	+.1	—	—	—

Relevés	R48/35	R48 33	R48/38	R48 34	R48/36	R48/37
Clones	M 4	Tj 16	M 1	BD 5	Y 3/46	Y284/69
Valeurs de l'intensité lumineuse	1,20	1,60	6,00	7,45	8,30	21,80
Barteria fistulosa MAST.	—	+ 1	+.1	—	+ 1	—
Vitex Welwitschii GÜRKE	+.1	+.1	+.1	+.1	—	+.1
Pauridiantha Dewevrei (DW. et DUR.) BREM.	+.1	—	+.1	—	+.1	—
Conopharyngia durissima STAPF	+.1	+ 1	+.1	+.1	+ 1	+ 1
Carapa procera DC.	—	+ 1	+.1	+.1	+ 1	+.1
Lianes herbacées ou subligneuses.						
Dioscoreophyllum Cumminsii DIELS	+.3	1.3	2.3	—	1.3	1.3
Kolobopetalum aff. *ovatum* STAPF	+.1	+.1	1.2	+.1	1.1	2.3
Dipteropeltis poranoides HALL. f.	+.1	2.2	+.1	1.2	+.2	+.1
Urera cameroonensis WEDD	+.1	+.1	1.2	1.2	1.2	1.3
Adenia gracilis HARMS	+.1	+ 1	+.1	+.1	—	1.2
Solanum Welwitschianum C. H. WRIGHT	+.1	--	+ 1	+ 1	+.1	+ 1
Piper guineense SCHUM. et THONN.	+.1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	1
Mussaenda elegans SCHUM. et THONN.	—	—	+.1	+ 1	+ 1	+ 1
Afrobrunnichia erecta (ASCK.) HUTCH. et DALZ.	+ 1	+ 1	+ 1	—	+ 1	+ 1
Byrsocarpus viridis (GILG) SCHELLENB	+.1	—	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
Illigera pentaphylla WELW.	+.1	1 1	+ 1	+ 1	1 1	+ 1
Psychotria cfr. *cristata* HIERN	+ 1	+ 1	+ 1	—	+ 1	+ 1
Neuropeltis anomala PIERRE	—	1	—	1 1	+ 1	--
Chlamydocarya (L. 5774).	+ 1	1	—	+ 1	-	—
Epinetrum (G. 227).	+ 1	+ 1	-	+ 1	-	-
Sphaerocyos (L 7939).	—	+ 1	—	+ 1	-	+ 1
Icacina Claessensii DE WILD	+ 1	—	—	—	+ 1	+ 1
Dioscorea smilacifolia D. W. et Th. DUR.	+.1	--	+ 1	—	--	+ 1
Cissus Libiabia LOUIS	+.1	—	+ 1	+ 1	—	—
Cissus diffusiflora (BAK.) PLANCH	+ 1	--	+ 1		+ 1	+ 1
Byrsocarpus coccineus SCH. et THON	+.1	+ 1	—	+ 1	—	—
Urera Thonneri DE WILD. et Th. DUR.	+ 1	—	—	—	+.1	1.3
Afromendoncia Gilgiana LINDAU	+ 1	—	-	+ 1	—	+.1
Cnestis urens GILG	+.1	—	--	+.1	+.1	+.1
Iodes Laurentii DE WILD.	—	+.1	—	—	+ 1	+.1
Amaralia (G. 964).	+.1	—	—	+.1	+ 1	—
Prevostea Mortehani DE WILD.	+.1	+ 1	—	-	+ 1	—
Deidemia clematoides (WRIGHT) HARMS	—	+.1	+ 1	—	—	+.2
Lianes ligneuses.						
Manniophyton africanum MÜELL. ARG.	+.1	+.1	1.2	1.2	1.2	1.3
Roureopsis obliquifoliata GILG	+.1	1.1	+ 1	+.3	1 1	+.1
Manotes pruinosa GILG	+.1	+.1	+.1	+.1	+ 1	+ 1
Yaundea pinnata SCHELLENB.	+.1	+.1	+.1	—	+ 1	+.1
Acacia pennata WILLD.	+.1	+.1	—	—	1.2	1.3
Eremospatha Haullevilleana DE WILD.	+.1	+.1	+.1	+.1	+.1	+.1
Combretum hispidum LAWS	+.1	+.1	—	+.1	—	+.1

Relevés	R48/35	R48/33	R48/38	R48/34	R48/36	R48/37
Clones	M 4	Tj 16	M 1	BD 5	Y 3/46	Y284/69
Valeurs de l'intensité lumineuse	1,20	1,60	6,00	7,45	8,30	21,80
Motandra guineensis A. DC.	+.1	+.1	+ 1	+ 1	—	+ 1
Agelaea hirsuta DE WILD.	+ 1	+ 1	—	+ 1	+ 1	—
Cnestis ferruginea DC.	—	+.1	+ 1	+ 1	+.1	+ 1
Hugonia platysepala WELW.	+ 1	+ 1	—	-	—	+ 1
3. Relictes ou pionniers de la forêt primitive.						
Suffrutex érigés ou lianiformes.						
Alchornea floribunda MÜLL. ARG.	1.1	2.1	2.1	2 2	3 2	1 1
Scaphopetalum Thonneri D.W. et DUR.	+.1	1 1	+.1	+ 1	+.1	1.1
Heisteria parvifolia SMITH	+ 1	+ 1	+.1	+ 1	+ 1	+.1
Dichapetalum mombutuense ENGL.	1.1	2 1	+ 1	+ 1	+ 1	+.1
Dichapetalum congoense ENGL.	+.1	+.1	+.1	+ 1	+ 1	+.1
Pycnocoma Thonneri PAX	+.1	+ 1	—	+ 1	+ 1	—
Rinorea multinervis M. BRANDT	+ 1	+ 1	+.1	—	+ 1	+.1
Penianthus longifolius MIERS	+ 1	+.1	—	+.1	- -	+ 1
Randia macrantha K. SCHUM.	—	+ 1	+ 1	+ 1	+.1	—
Cola marsupium (C. Laurentii)	+ 1	1	- -	- -	+ 1	+.1
Conopharyngia penduliflora STAPF	+.1	1	+ 1	1	—	—
Randia octomera BENTH. et HOOK. f.	+.1	+ 1	+ 1	—	+.1	—
Dichapetalum Lujaci DE WILD et Th. DUR.	+.1	+ 1	—	+ 1	—	+ 1
Dichapetalum Malchairi DE WILD.	+ 1	+ 1	+.1	—	—	+ 1
Heckeldora Staudtii (HARMS) STANER	+.1	+ 1	—	---	+ 1	—
Cola yambuyaensis DE WILD.	+.1	+ 1	+ 1	—	—	—
Chomelia Claessensii VERM.	—	+ 1	+ 1	+ 1	—	—
Memecylon coerulo - violaceum GILG	—	+.1	—	+.1	+.1	—
Dicranolepsis oligantha GILG	+.1	+ 1	- -	—	—	+.1
Rejets de souche (et jeunes plants).						
d'Arbustes:						
Microdesmis pubcrula HOOK. f.	+.1	+.1	+.1	+ 1	+ 1	—
Randia congolana DE WILD.	+ 1	+.1	+ 1	+.1	+.1	+.1
Randia acuminata BENTH.	+.1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	—
Pancovia Harmsiana GILG	+.1	+ 1	—	+ 1	+ 1	1
Pleiocarpa tubicina STAPF	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	—
Rinorea Afzellii ENGL.	—	+ 1	+ 1	+ 1	—	+ 1
Maba Laurentii DE WILD	+.1	+ 1	—	—	+ 1	—
d'Arbres:						
Scorodophloeus Zenkeri HARMS	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	1
Cola griseiflora DE WILD	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
Dialium Corbisieri STANER	+ 1	+ 1	+ 1	—	+ 1	+.1
Guarea sp.	—	+ 1	+ 1	+ 1	+.1	+ 1
Celtis Mildbraedii ENGL.	+ 1	+.1	—	+ 1	+.1	+ 1
Chrysophyllum africanum A. DC.	+ 1	+ 1	—	+ 1	+ 1	—
Blighia Wildemaniana GILG	+ 1	+ 1	—	+.1	—	+ 1
Staudtia gabonensis WARB.	—	+.1	+ 1	+ 1	—	+ 1
Albizzia gummifera (GMEL) SMITH	+.1	+.1	—	+.1	—	+.1
Dialium yambataense VERM.	—	—	+.1	+.1	+.1	+.1
Beilschmiedia spp.	+ 1	—	—	+.1	+.1	+ 1

Relevés	R48/35	R48/33	R48/38	R48/34	R48/36	R48/37
Clones	M 4	Tj 16	M 1	BD 5	Y 3/46	Y284/69
Valeurs de l'intensité lumineuse	1,20	1,60	6,00	7,15	8,30	21,80
Macrolobium macrophyllum MACBRIDE	+.1	+.1	+ 1	—	+.1	—
Pterocarpus Soyauxii TAUB.	—	+.1	+ 1	+ 1	—	+.1
Trichilia Prieureana JUSS.	+.1	+ 1	—	+ 1	+.1	—
Pterygopodium oxyphyllum HARMS	+.1	+ 1	—	+ 1	—	—
Panda oleosa PIERRE	+.1	+.1	—	+ 1	—	—
Bosqueia angolensis FICALHO	+.1	—	—	—	+ 1	+.1
Afzelia bella HARMS	+.1	—	—	+.1	—	+ 1
Parinarium tenuifolium A. CHEV	+.1	—	—	+ 1	—	+.1
Afrostyrax lepidophyllus MILDBR.	+ 1	+.1	—	—	+.1	—
Treculia africana DECNE	—	—	—	+.1	+ 1	+ 1
Guarea cedrata (CHEV.) PELLEGRIN	+.1	—	+ 1	+ 1	—	—
Celtis Brieyi DE WILD.	—	+.1	—	+ 1	—	+ 1
Trichilia rubescens OLIV.	+ 1	+.1	—	+ 1	+ 1	—
de Lianes :						
Millettia Duchesnei DE WILD.	1.1	4.4	1.2	2.3	1.2	1.3
Cissus Dinklagei GILG et BRANDT	—	—	+ 1	+ 1	—	+ 1
Triclisia Gilletii (DE WILD.) STANER	+ 1	+.1	+ 1	+ 1	+.1	—
Millettia dubia DE WILD	+.1	+.1	+ 1	+ 1	+ 1	—
Dichapetalum Thonneri DE WILD	+.1	+.1	+ 1	+ 1	+ 1	—
Beirnaertia yangambiensis LOUIS	+ 1	+ 1	—	+ 1	—	+ 1
Dewevrea bilabiata MICHELI	—	+.1	+ 1	—	+ 1	1
Landolphia owariensis P. BEAUV	+.1	+ 1	+ 1	—	—	—
Alafia lucida STAPF	+.1	+.1	+ 1	—	+ 1	—
STRATE HERBACEE						
Recouvrement.	40-50 %	5-15 %	1 à 5 %	1 à 5 %	1 à 5 %	1 à 5 %
Geophila Afzelii HIERN	3.3	1.3	+.2	—	—	—
Millettia Duchesnei(x) DE WILD	2.3	—	—	—	—	—
Dryopteris Vogelii C CHRIST	+.1	+ 3	+ 2	+ 1	+.1	+ 1
Palisota Barteri HOOK.	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
Buforrestia imperforata C.B Cl.	+ 2	+.1	+ 1	—	+.1	+ 1
Uragoga peduncularis K. SCHUM.	+ 1	+.1	+ 1	—	—	+ 1
Coleotrype Laurentii K. SCHUM.	+.1	+ 1	+.1	+ 1	—	+ 1
Commelina capitata BENTH	+.1	+.1	—	+ 1	—	+ 1
Puellia ciliata FRANCK	+.1	+.2	—	—	+ 1	-
Aneilema umbrosum KUNTH.	+ 1	—	+ 1	—	+ 1	
Pteris atrovirens	+ 1	—	+.1	—	+ 1	.
Asplenium longicaudatum HOOK	+.1	+.1	—	+ 1	—	—
Geophila hirsuta BENTH.	+.2	+ 1	+ 1	—	—	—
Euphorbiaceae sp. (G. 975).	+.1	+.1	+.1	—	—	.
Dryopteris lanigera C. Chr.	+.1	—	—	+ 1	—	—
Culcasia yangambiensis LOUIS et MULLENDERS	+.1	—	—	+ 1	—	—
Polyspatha paniculata BENTH.	+.1	—	—	—	—	—
Nephrolepis cf. *biserrata*	—	—	—	+.2	+.1	—
Pteris sp.	—	+.1	+.1	—	—	—
EPIPHYTES.						
Nephrolepis cf. *biserrata*	1.3	+.2	+.2	4.5	1.3	+.2
Cercestis congensis ENGL	+.1	—	—	+.1	—	+.1

La physionomie du groupement est donnée par quelques espèces à coefficient d'abondance-dominance moyen ou élevé.

Dans le tableau II, nous les groupons en regard des valeurs d'intensité lumineuse, du recouvrement des cimes et des hauteurs sous branches de chaque clone.

TABLEAU II.

Clones	1,20	Tj 16	M 1	BD 5	Y 3/46	Y284/69
Valeurs de l'intensité lumineuse	M 4	1,60	6,00	7,45	8,30	21,80
Strate arborescente						
Recouvrement.	95-100%	95-100%	60-70%	85-90%	85-90%	50-60%
Hauteur sous branches.	2^{m}00	2^{m}60	2^{m}60	4^{m}30	2^{m}50	2^{m}90
Strate frutescente						
Recouvrement	60-70%	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Hauteur.	1-1^{m}50	1-1^{m}50	1^{m}50-2	2-2^{m}50	2-3 m.	2-3 m
Lissochilus giganteus	+ 2	+ 2	+ .2	1.2	+ 2	1 2
Palisota brachythyrsa	2.3	+ 2	2 3	1.2	2.3	2.3
» *ambigua*	—	+ 2	3 3	3 3	4.3	4.4
Trachyphrynium Liebrechtsianum	+ 2	3 3	1 2	3 3	3.3	1.2
Kolobopetalum aff. *ovatum*	+.1	+ 1	1 2	+.1	1.1	2.3
Dipteropeltis poranoides	+.1	2 2	+ 1	1 2	+.2	+.1
Dioscoreophyllum Cumminsii	+ 3	1 3	2 3	—	1 3	1 3
Urera cameroonensis	+.1	+ 1	1 2	1 2	3.2	1.3
Manniophyton africanum	+ 1	+ 1	1 2	1 2	1 2	1.3
Alchornea floribunda	1.1	2 1	2 1	2 2	3.2	1 1
Millettia Duchesnei	1 1	4 4	1 2	2 3	1 2	2 3
Strate herbacée						
Recouvrement	40-50%	5-15 %	1 à 5 %	1 à 5 %	1 à 5 %	1 à 5 %
Hauteur.	0,10-0,60	0,10-0,80	—	—	—	—
Geophila Afzelii	3 3	(1 3)	+ 2	—	—	—
Millettia Duchesnei	2 3	—	—	—	—	—

Les coupes répétées agissent diversement sur le recrû :

— elles avantagent les espèces ligneuses rejetant bien des souches et les herbacées rhizomateuses;

— elles permettent à de nombreuses héliophiles de se maintenir;

— *Millettia Duchesnei*, grosse liane de la forêt primitive, s'accommode bien du traitement : sous un ombrage dense elle domine, ailleurs elle se maintient et prolifère momentanément après chaque recépage.

L'intensité lumineuse régnant sous les cimes détermine la densité du recrû et sa stratification : l'existence de deux strates dans les parcelles fortement ombragées et la disparition quasi complète de la strate herbacée dans les autres.

A partir d'une certaine valeur d'intensité lumineuse (au voisinage de 6 ×) et quel que soit le recouvrement de la strate arborescente, le recrû se stabilise, du moins au stade actuel. Pour des éclairements plus intenses, la strate frutescente ne montre pas un développement proportionnel à l'augmentation de la luminosité.

La composition floristique du groupement n'accuse aucune différence bien marquée.

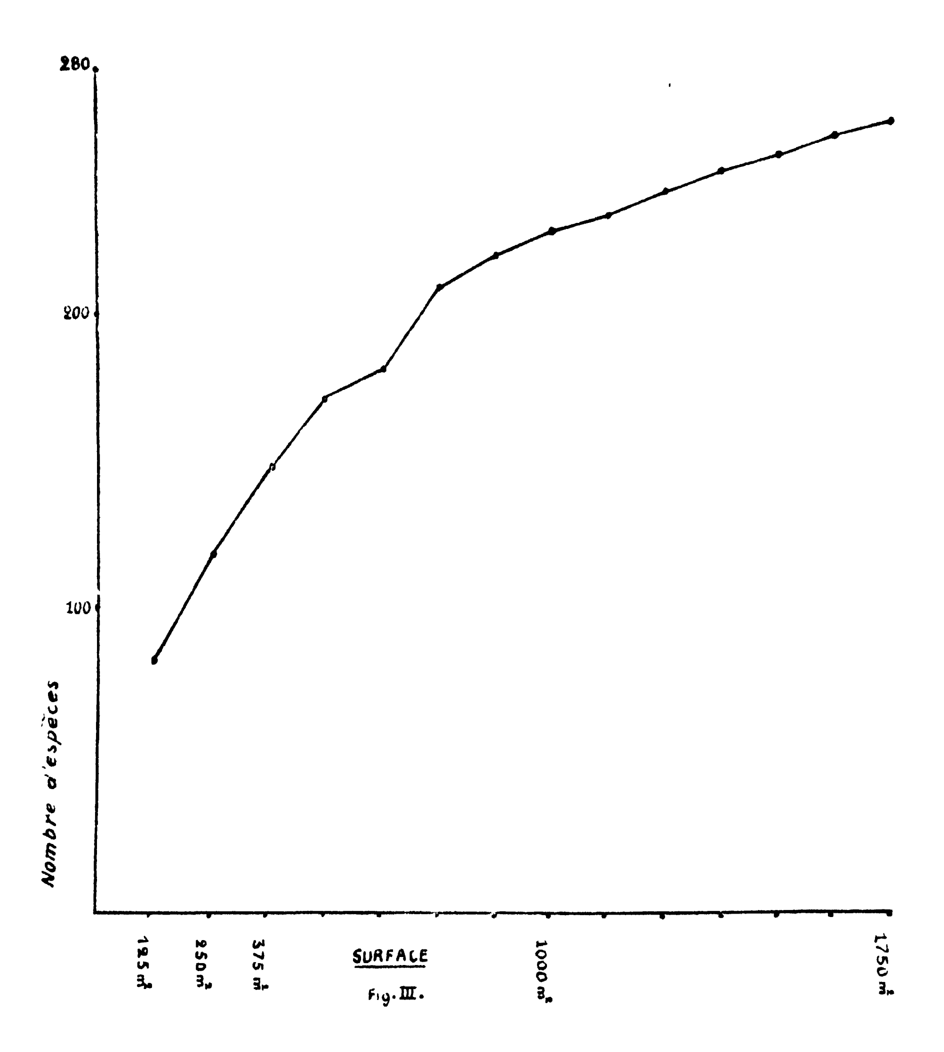


Fig. III.

Le seul élément réellement caractéristique, au stade étudié, est *Lissochilus giganteus,* géophyte humicole.

L'aire minimale de ce groupement, si elle existe, s'avère démesurée; la fig. III montre l'accroissement du nombre d'espèces rencontrées en fonction de la surface.

II. — QUELQUES CARACTERISTIQUES PEDO-BIOLOGIQUES DES PARCELLES

En vue de réduire au minimum les chances d'hétérogénéité, notre étude a porté, dans chaque parcelle, sur un assez grand nombre de profils (10 en moyenne).

Les résultats du Tableau IV reproduisent la moyenne arithmétique des résultats obtenus pour chaque parcelle.

Sur la paroi de chacun des profils, d'une hauteur de 0,70 m., l'épaisseur respective des zones humifère et d'infiltration fut notée.

Par zone humifère nous entendons la couche superficielle du sol de couleur brune à brun-noir, grumeleuse, parcourue par beaucoup de fines racines.

A cette zone fait suite la zone d'infiltration, de couleur plus claire et dont les limites vers le bas sont assez souvent imprécises.

Ces deux zones constituent toujours les deux éléments morphologiques les plus marquants des profils de la région de Yangambi. Il n'est pas douteux que c'est là que se passent la plus grande partie des processus biologiques.

Cependant, les données du tableau montrent qu'il serait difficile de trouver une corrélation entre l'épaisseur de ces zones et les autres caractéristiques pédo-biologiques.

On voit qu'à partir de la parcelle Tj16, l'épaisseur des zones augmente proportionnellement à la luminosité.

Les résultats pour le clone le moins lumineux sont peut-être aberrants. Il est d'ailleurs probablement inutile de vouloir pousser trop loin le parallèle entre ces données d'ordre morphologique et les autres caractéristiques pédo-biologiques.

Le pH a été déterminé sur les échantillons de sol frais provenant des deux couches. Les différences observées entre ces deux horizons n'étaient ni importantes ni expressives Les différences entre les parcelles et la forêt ou entre les parcelles elles-mêmes n'étaient pas significatives

Le contenu en eau des horizons de chaque parcelle, déterminé par séchage à 105° C., est exprimé en pourcentage sur la base humide.

Les différences observées dans l'humidité du sol n'ont de valeur que pour les cas extrêmes. La parcelle portant le recrû le plus développé possède aussi le sol le plus humide, sa zone humifère montre une teneur en eau nettement plus élevée que la zone d'infiltration.

Les différences les plus marquantes portent sur l'abondance et la composition systématique de la microflore.

Les échantillons de sol soumis aux déterminations microbiologiques ont été prélevés aseptiquement sur la paroi fraîche du profil.

Le dénombrement des bactéries et des actinomycètes s'est fait sur Na albuminate agar après 7 jours d'incubation à la température du

TABLEAU IV

Epaisseurs des horizons, pH, humidité en % (base humide), nombre total de microorganismes par gramme de sol frais et abondance relative des Fungi, Bactéries et Actinomycètes en %

	M 4		Tj 16		M 1		BD 5		Y 3, 46		Y 284/69		Forêt adjacente	
	z.humif	z.infil	z.humif	z.infil	z.humif	z.infil	z.humif	z.infil	z.humif	z.infil	z.humif	z.infil	z.humif	z.infil
Epaisseur de l'horizon (en cm.)	10,5	14,5	7,6	9,0	8,8	11,4	19,3	19,4	12,3	17,1	15,9	23,8	14,1	18,7
pH (frais)	3,96	4,03	3,79	3,81	3,86	3,8	4,09	4,01	3,73	3,8	4,02	4,1	3,74	3,86
Humidité en % (base humide)	15,8	15,2	17,6	19,3	17,2	17,4	19,3	19,4	17,1	15,4	21,8	19,0	18,2	14,4
Nombre total de microorganismes par gramme de sol frais	340.000	333 000	384 800	441 000	351.800	550 900	623 000	535 200	392 700	248.700	543.700	245 700	303.100	230.300
Abondance relative en % :														
Fungi	2,1	1,8	19,6	17,1	21,3	22,7	31,5	25,2	4,9	7,2	4,9	2,5	7,4	1,6
Bactéries . . .	73,5	86,8	72,7	73,6	66,8	68,7	60,5	65,1	77,7	67,7	84,4	87,1	82,7	86,1
Actinomycètes	24,4	11,4	7,7	9,3	11,9	8,6	8,0	11,7	17,4	25,1	10,7	14,4	9,9	12,3

laboratoire, celui des fungi sur Czapek agar au Rose bengale à 1/15.000 après trois jours d'incubation à la température du laboratoire.

Il nous a semblé plus logique de mettre en corrélation la somme des deux chiffres qui expriment l'abondance de la microflore par gramme de sol, pour les deux zones, avec la luminosité et donc le développement du recrû

Le tableau V fait ressortir la corrélation qui existe entre cet indice et la luminosité

TABLEAU V.

	Luminosité en %	Indice d'abondance de la microflore
Forêt adjacente	—	100
M 4	1,2	126
Tj 16	1,6	155
M 1	6.0	170
BD 5	7.45	217
Y 3/46	8,3	120
Y 284/69	21,8	148

Ces données mettent en évidence une proportionnalité directe existant entre la luminosité qui détermine le développement du recrû et le nombre total de microorganismes dans les couches superficielles du sol.

A partir d'un certain seuil, la proportionnalité s'inverse. Il faut noter qu'à ce moment la production de matière végétale par unité de surface n'augmente plus d'une façon considérable.

Il serait prématuré de conclure à la généralité du fait observé, bien que le nombre de profils examinés dans chaque parcelle laisse peu de doute sur son exactitude au moment des observations.

De plus, il convient de remarquer que la parcelle 3/46 où se manifeste la chute abrupte du nombre de microorganismes est hétérogène : la dispersion des valeurs autour de la moyenne se montre la plus grande.

Dans cette parcelle, un des profils creusé expressément sous une tache de végétation non érigée (herbacée et lianeuse) possédait les caractéristiques suivantes :

	Zone humifère	Zone d'infiltration
pH	3,69	3,77
Eau % (base humide)	18 0	15,0
Epaisseur horizon (cm)	9	16
Nombre total des microorganismes	647 000	237.000
Abondance relative en %		
— Fungi	1,0	9,0
— Bactéries	46,5	46,5
— Actinomycètes	52,5	46,5

Ces valeurs sont nettement différentes de celles qui correspondent à la moyenne des profils examinés dans cette parcelle.

Les variations de l'abondance de la microflore s'accompagnent de notables modifications dans la répartition systématique.

L'abondance relative des fungi suit fidèlement les fluctuations du nombre total de microorganismes.

Par conséquent, une fraction importante des variations du nombre total des microrganismes est due partiellement aux variations du nombre de fungi et, pour le reste, aux modifications du nombre total de bactéries.

Les nombres moyens d'actinomycètes ne montrent pas de variations significatives dans les différentes parcelles.

Il est peut-être intéressant de signaler ici qu'à partir du moment où le nombre total de microorganismes diminue rapidement, le rapport du nombre de bactéries dans la couche humifère au nombre de bactéries dans la couche d'infiltration passe de 1 à 2.

CONCLUSIONS

L'intérêt d'une étude de ce genre consiste à obtenir des faits expérimentaux sur les transformations de la partie dynamique de la matière organique du sol, sous différentes conditions de milieu.

Des hypothèses comme celle de MOHR qui considère que l'optimum de la photosynthèse et celui de la décomposition microbienne de la matière organique dans le sol se situent à des températures différentes et que l'équilibre de ces deux activités opposées voisine 24 à 25° C., reste du domaine de la pure spéculation.

Les données qui sont présentées ici ne permettent ni de vérifier ni d'infirmer de telles hypothèses, mais suggèrent fortement que les transformations de la matière organique dans les sols équatoriaux n'obéissent pas à des lois aussi simples.

Les données relatives aux variations de l'abondance des fungi sont sans doute les plus significatives au point de vue pédo-biologique.

On sait que les fungi, contrairement aux actinomycètes, transforment une grande patie de la matière organique végétale qui parvient au sol, en substance cellulaire ou en produits de métabolisme plus ou moins complexes. On admet que 30 à 50 % du Carbone du substrat sont transformés en substance cellulaire; une bonne partie du Carbone restant donne naissance à des produits de métabolisme tels que acides organiques. polysaccharides, produits analogues à la lignine, etc..., dont l'influence sur les propriétés physico-chimiques du sol est bien connue. De plus, le protoplasme des fungi contient de 4 à 9 % d'azote. Ce chiffre est 2 à 3 fois plus élevé que le contenu en azote de la matière végétale.

Ces caractéristiques physiologiques sont favorables au maintien des propriétés colloïdales du sol superficiel et à la rétention en surface des éléments minéraux et de l'azote.

Données préliminaires sur l'écoclimatologie comparée du couvert de divers clones d'hévéa et leurs influences sur le recrû naturel

par

Etienne-A. BERNARD,
Licencié
en Sciences mathématiques.
Chef de la Division
de Climatologie de l'I.N.E.A.C

Robert PICHEL,
Ingénieur Agronome Colonial Gx
Assistant de la Division Hevea
de l'I.N.E.A.C

I. — INTRODUCTION

Cette note aborde un aspect particulier mais fondamental d'un problème agronomique plus complexe qui est d'établir pour divers clones d'*Hevea Brasiliensis* la valeur de la méthode culturale utilisant pour couverture le recrû forestier naturel et, but final, de déterminer l'incidence de ce procédé sur les conditions optimales d'exploitation des hévéas. Cette méthode est une modalité d'application, industriellement rentable, de la *Forestry method of cultivation* essayée par le forestier danois BIRKEMOSE en Malaisie, dans l'Etat de Pahang (R. R. I., 1932).

On sait que la *Forestry method* repose sur des fondements écologiques très sages. Elle consiste à placer les hévéas cultivés dans des conditions de milieu aussi voisines que possible — pour le climat régional imposé — des conditions offertes à la plante dans son habitat naturel, à savoir : les forêts ombrophiles des plateaux de l'Amazone et de l'Orénoque. L'avantage de ces méthodes à tendances sylvocoles est de favoriser le rétablissement et le maintien de l'équilibre écologique de la culture à un niveau suffisamment voisin de l'équilibre très stable que réalise le climax forestier régional. BIRKEMOSE dégage avec netteté le point de départ essentiellement écoclimatique de sa méthode lorsqu'il écrit dans « Straits Times » (19 février 1932) *The principles of forestry are to control and regulate the amount of heat, light, wind and (to some extent) the rain reaching the ground. These factors determine the success or failure of forestry.*

C'est ce premier aspect du problème général signalé, aspect purement écoclimatique et déterminant de tous les autres, qui constitue

l'objet de la présente note. Nous apportons ici quelques premières données comparatives touchant les microclimats réalisés sous le couvert de divers clones d'*Hevea*. Nous étudions ensuite comment les différences microclimatiques constatées ont pu influencer la croissance du recrû forestier et nous posons le problème de leurs conséquences agronomiques.

Chaque fois que possible, nous avons comparé les conditions microclimatiques observées sous le couvert des hévéas à celles régnant dans le sous-bois d'une forêt primitive voisine et à celles définissant le microclimat à découvert de la station d'écoclimatologie générale de Yangambi. Ces microclimats extrêmes, sous forêt primitive et à découvert définissent en climat équatorial les limites naturelles entre lesquelles vient s'insérer la gamme très variée des microclimats réalisés par les diverses cultures tropicales.

II. — LES PARCELLES CLONALES ETUDIEES

Quatorze clones occupant chacun un hectare ont été plantés en juin 1943 en un bloc de 700 × 200 m. ouvert en mars 1943 par la méthode de non incinération dans la forêt primitive de terre ferme qui couvre le plateau de la Station Centrale de l'I.N.E.A.C. à Yangambi (O° 49' N., 24° 29' E., 500 m.).

La plantation, d'une densité de 462 hévéas/Ha. (écartement 7 × 3 m., lignes Nord-Sud) fut réalisée après trouaison au moyen de stumps greffés. Les quatorze clones, dont onze asiatiques et trois créés à Yangambi (clones Y), sont représentés à raison de un hectare chacun. L'étude a porté sur les douze clones suivants, rangés dans l'ordre de densité décroissante de la couronne (cf. tableau XII),

M4, BR1, Tj 16(Av 49, Y24/44, Av 152, Tj 1, M8, M1, BD5, Y3/46, Y284/69.

Tous les éléments écoclimatiques autres que la lumière ont été principalement étudiés pour les deux clones M4 et Y284/69 offrant des densités de couronne extrêmes (cf. fig. 1 et 2).

Pour toutes les parcelles, le mode d'entretien consiste en rabattage du recrû naturel tous les six mois (slashing). La coupe du recrû s'exécute habituellement à 0 m. 70 au-dessus du sol, éliminant surtout la partie herbacée de cette couverture naturelle. Les produits de la coupe sont dispersés à la surface de la plantation. Depuis la création de celle-ci, douze coupes ont été effectuées. Toutes nos observations ont été réalisées pour des recrûs ayant atteint leur développement maximum.

Au départ de nos recherches, ces clones se répartissent au point de vue de la densité de leur couronne — facteur déterminant de cette étude — entre les trois catégories désignées habituellement par les expressions : couronne lourde, couronne intermédiaire, couronne légère. Un des résultats de ce travail sera d'établir la subjectivité de ces appellations qui, pour utiles qu'elles soient dans la pratique cou-

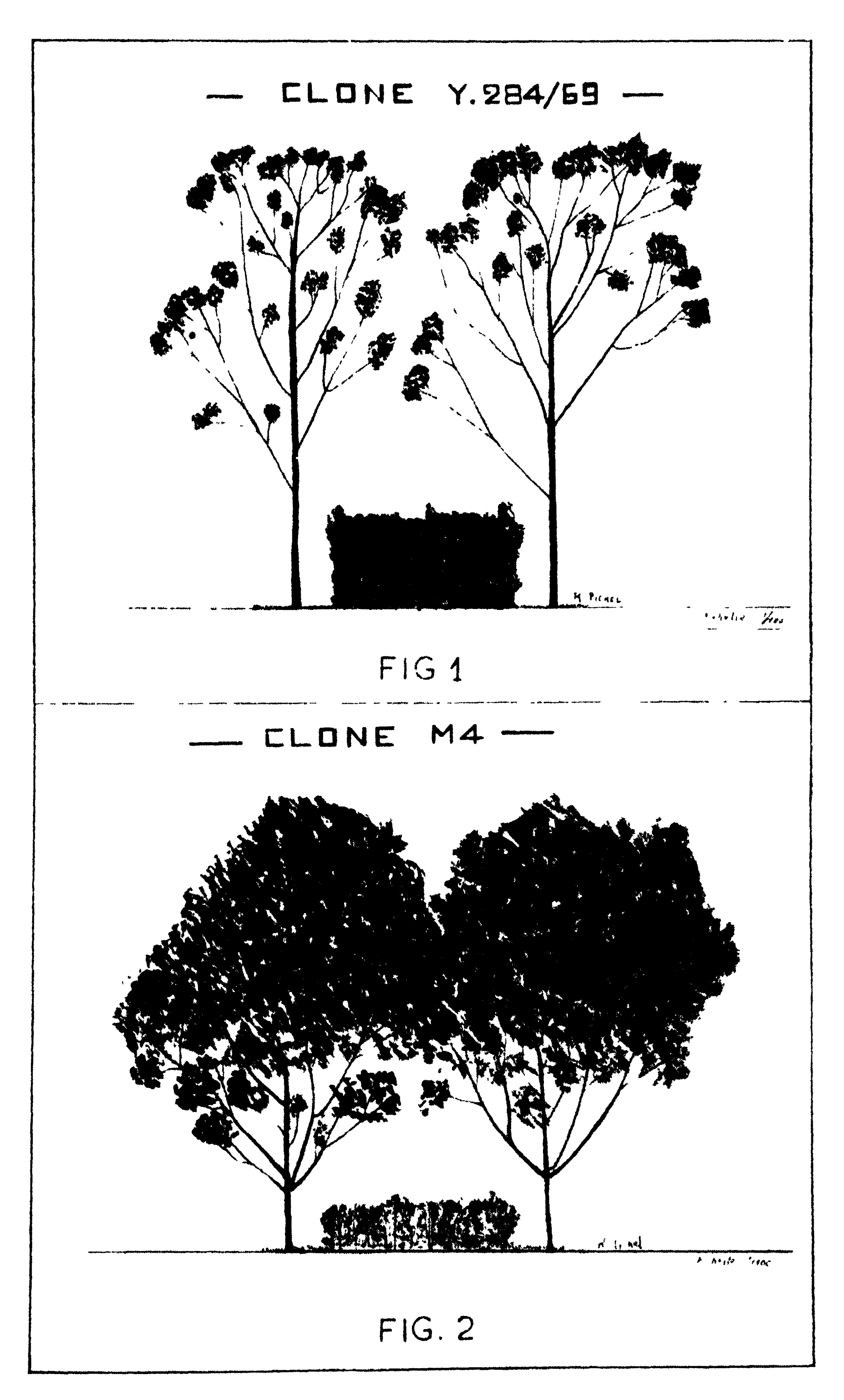


FIG. 1 et 2. — Caractéristiques morphologiques des clones à type extrême de couronne Y284/69, M4 et densité du recrû naturel croissant sous leur couvert.

rante, restent trop imprécises pour les fins de l'écologie appliquée. Les figures 1, 2, 3 et 4 donneront au lecteur une idée claire des caractères morphologiques des clones respectifs suivants, très caractéristiques au point de vue de la densité de la couronne et de l'abondance du recrû naturel qui en résulte : Y284/69 (très léger), M4 (très lourd), M1 (intermédiaire) et Tj 16 (lourd).

Il faut souligner enfin que les parcelles étudiées ont subi des modes d'ouverture, de plantation et d'entretien absolument identiques. En outre, le bloc qu'elles occupent offrent des conditions de climat local, de sol et de topographie bien uniformes. C'est dire que les différences écoclimatiques constatées sous le couvert des clones et les conséquences agronomiques de ces différences sont attribuables sans conteste aux différences morphologiques entre les types de couronnes des divers clones.

III. — LES OBSERVATIONS ECOCLIMATIQUES ACCOMPLIES

Les éléments écoclimatiques qu'il nous a été possible d'étudier comparativement sous le couvert des hévéas sont : a) l'éclairement, b) la température, l'humidité et le pouvoir évaporant de l'air, c) la température et l'humidité du sol. Certes, ce sont là des éléments de première importance pour l'étude rationnelle de l'évolution du complexe sol-végétation. Cependant, ces éléments ne suffisent pas à résoudre le problème de cette évolution même si l'on envisage celle-ci du seul point de vue de l'écoclimatologie. Ainsi, l'étude quantitative directe des différents termes définissant le bilan d'eau des diverses parcelles clonales n'est pas abordée ici. Il faut remarquer aussi que les observations microclimatiques dont nous allons exposer maintenant les résultats ont été accomplies au cours de quelques journées appartenant à une seule et même période de l'année. Mais la pauvreté extrême que les recherches bibliographiques nous ont révélée sur les connaissances acquises dans l'écoclimatologie des cultures tropicales nous a paru augmenter beaucoup l'intérêt de cette étude préliminaire. Son but est avant tout d'orienter les recherches écologiques plus approfondies de l'Institut dans ce domaine, recherches qui pourront conduire à des conclusions d'une portée considérable pour la pratique culturale de l'Hevea.

a) La lumière.

Dans l'étude du microclimat réalisé sous un couvert végétal naturel ou cultivé, la quantité de lumière filtrée par le couvert constitue l'élément déterminant.

L'instrument de mesure utilisé était un luxmètre de Lange formé d'une cellule photoélectrique à couche semi-conductrice au sélénium (photoélément), reliée par un fil conducteur de deux mètres de long à un microampèremètre dont l'échelle était graduée directement en

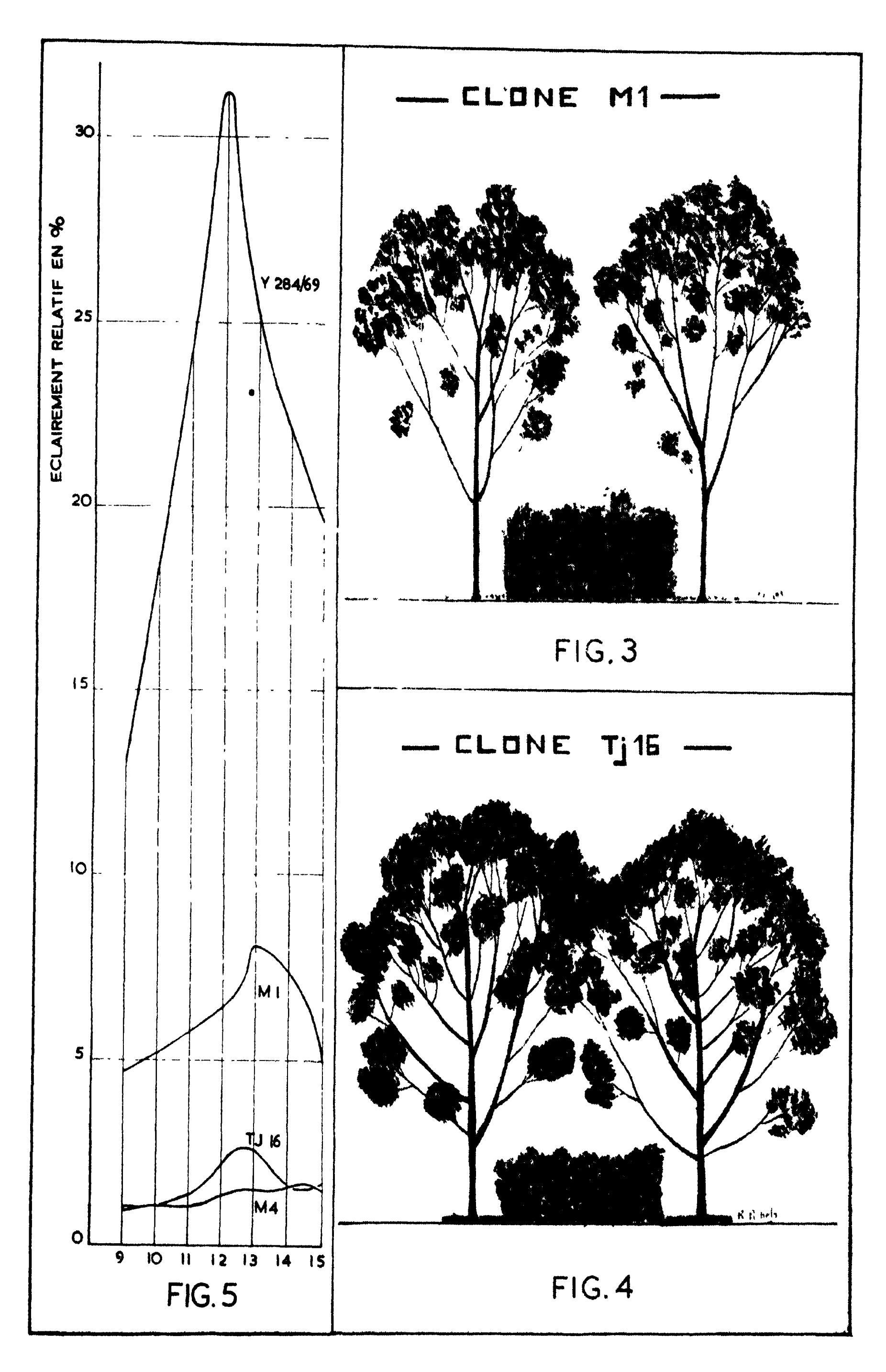


FIG. 5. — Courbe des variations horaires moyennes de l'éclairement relatif Er incident sur le recrû, sous les clones M4, Tj 16, M1 et 284/69.

FIG. 3 et 4. — Caractéristique morphologique des clones M1, Tj16 et densité du recrû naturel croissant sous leur couvert.

lux de 0 à 1.000. Les deux shunts × 1, × 10 du microampèremètre et l'emploi d'un filtre « Platinopalgas » de Patterson à coefficient de transmission 1/100 autorisaient la mesure d'éclairements variant entre 0 et 100.000 lux. L'observateur accomplissait ses mesures en tenant horizontalement le disque de la cellule juste au-dessus du recrû, la face sensible étant dirigée vers le ciel. L'observateur lisait alors la graduation indiquée au microampèremètre suspendu à sa poitrine (1).

Les mesures d'éclairement furent accomplies sous le couvert de huit clones et dans le sous-bois forestier au cours de quelques journées à type de temps bien caractéristique (ciel serein, mi-couvert, complètement couvert, et en septembre, vers l'équinoxe, c'est-à-dire pour des hauteurs maxima du soleil. Au cours de chaque journée, les mesures étaient faites d'heure en heure entre 9 et 15 heures, à raison de dix répétitions par heure et par parcelle. Les dix lectures s'échelonnaient le long d'un trajet de 14 mètres recoupant perpendiculairement trois lignes d'hévéas et situé dans un placeau à couvert représentatif n'offrant aucune trouée accidentelle.

Les résultats en lux de nos mesures d'éclairement sous le couvert des hévéas ont été traduits selon l'habitude des écologistes en « éclairement relatif » (2), c'est-à-dire en pour cents de l'éclairement produit à découvert sur une surface horizontale par l'entièreté de l'hémisphère céleste. Or, manquant d'un second luxmètre, il nous était impossible d'accomplir les mesures d'éclairement en simultanéité parfaite sous le couvert des hévéas et en pleine lumière. Chaque série d'observations horaires dans une parcelle était donc encadrée de deux observations en lumière totale, à proximité aussi immédiate que possible des parcelles. L'éclairement à découvert utilisé pour le calcul de l'éclairement relatif correspondant à la moyenne d'une série de dix mesures horaires était la moyenne arithmétique des éclairements en lumière totale mesurés avant et après la série.

Quelque 2.500 lectures d'éclairement ont été faites au cours de quatre journées caractéristiques du mois de septembre 1948. Les résultats moyens de ces lectures sont donnés au tableau I. On voit qu'en moyenne journalière, l'éclairement relatif sous les huit clones étudiés entre 1,2 % pour le clone M4 et 21,8 % pour le clone Y284/69. Le pourcentage de lumière filtré à deux mètres au-dessus du sol par les diverses strates de la forêt primitive est de 0,8. Ainsi l'éclairement relatif sous la couronne très lourde du clone M4 reste supérieure, mais de 0.4 % seulement, à celui réalisé sous le couvert forestier.

(1) HAINES (1942) utilise une méthode semi-empirique pour estimer la densité du couvert des hévéas.

(2) L'expression *éclairement relatif sous un couvert, est physiquement préférable* à celle synonyme d'intensité lumineuse relative qui est employée plus couramment. L'éclairement relatif E_r est défini par: $E_r = 100\ l/L$; l et L étant respectivement l'éclairement d'une surface horizontale sous le couvert et en pleine lumière

TABLEAU I — Variations horaires moyennes de l'éclairement relatif Er au-dessus du recrû: a) sous le couvert de la forêt primitive; b) de divers clones d'hévéas de 5 ans et demi (écartement 7 × 3 m.) (moyenne de quatre journées).

Nature du couvert	Heures							Eclairement relatif moyen	
	9	10	11	12	13	14	15	en % de lum. tot.	en fraction de lum. tot.
a) Forêt primitive	0,4	0,4	0,8	0.8	1.0	0,7	1,6	0,81	1/123
b) Clones d'Hevea:									
M 4	0,9	1,0	1,0	1,3	1,4	1,5	1,4	1,21	1/83
Tj 16	1,0	1,0	1,3	2,2	2,4	1,5	1,5	1,56	1/64
Tj 1	2,1	2,5	3,0	3,3	3,1	3,0	3,5	2,93	1/34
M 8	3,2	2,9	3,0	3.6	3,9	3,9	4,4	3,56	1/28
M 1	4,7	5,1	5,8	6,4	8,0	7,3	4,8	6,01	1/16,6
BD 5	5,3	5,6	7,6	8,8	8,6	8,2	7,9	7,43	1/13,4
Y 3/46	6,0	6,9	6,7	8,6	10,7	9,6	9,8	8,33	1/12,0
Y 284/69	13,0	13,5	24,4	31,2	22,5	23,4	19,6	21,80	1/4,6

Les courbes de variation journalière moyenne entre 9 et 15 heures, de l'éclairement relatif sous les couronnes des clones M4, M1, Tj16 et Y284/69 sont données à la figure 5 en regard des figures 1, 2, 3 et 4. En règle générale, ces courbes manifestent un maximum aux environs de midi solaire, moments où le soleil occupe des positions voisines du zénith. Ce maximum est d'autant plus accusé que la couronne du clone est plus légère. Très marqué pour le clone Y284/69, il est à peine apparent pour le clone M4 à couronne très épaisse.

Ces faits s'expliquent si l'on assimile, en première approximation, le couvert des couronnes à une couche semi-transparente homogène, transmettant la lumière solaire directe selon la loi de BOUGUER-LEMBERT,

$$E = Eo.e^{-a.\,\text{séc}\,z} \qquad (1)$$

Eo, E étant les éclairements incident et transmis; a le coefficient d'extinction de la couche; z la distance zénithale du soleil. Disons d'une façon plus intuitive que le pourcentage de la lumière solaire incidente qui est transmis sous un couvert végétal est fonction : 1) de la quantité de feuilles rencontrées par le rayon lumineux, c'est-à-dire du chemin parcouru dans le couvert, donc de séc z, si l'on pose comme dans (1) l'épaisseur de ce couvert égale à l'unité, 2) du degré d'opacité du couvert que mesure le coefficient d'extinction a. Adoptant respectivement comme coefficient d'extinction des couches feuillues des clones Y284/69 et M4 :

$$a_Y = 1,35 \qquad a_M = 3.a_Y = 4,05,$$

on retrouve bien par l'équation (1) des variations horaires de l'éclairement relatif du même ordre de grandeur que celles données au tableau I. Ainsi, les éclairements relatifs calculés pour neuf et douze

heures solaires s'élèvent à 14,8 et 25,9 % pour le clone Y284/69, tandis qu'ils atteignent seulement 0,3 et 1,7 % pour le clone M4. Remarquons que l'écart de 5,3 % entre le maximum de 31,2 % de douze heures et le maximum calculé de 25,9 % pour le clone Y 284/69 s'explique du fait que les couronnes des arbres de deux lignes voisines laissent actuellement entre elles un espace ouvert offrant libre passage aux rayons solaires aux environs de midi (cf. fig. 1).

Les mesures d'éclairement relatif commentées ci-dessus ont été complétées ultérieurement d'observations comparatives accomplies à deux mètres de hauteur et au sol sous le recrû, ceci afin d'établir le rapport entre l'éclairement relatif E_s transmis au sol à travers le recrû et l'éclairement relatif E_r incident sur le recrû. Ce rapport s'obtenait directement par le quotient des éclairements absolus en lux I_s et I_r, au sol et à deux mètres. On a, en effet,

$$\frac{E_s}{E_r} \qquad \frac{100\, I_s}{L} \times \frac{L}{100\, I_r} \qquad \frac{I_s}{I_r}$$

Les résultats E_r du tableau I permettaient alors, connaissant E_s/E_r, d'établir par produit l'éclairement relatif moyen au niveau du sol E_s (cf. Tableau II).

TABLEAU II — **Eclairements relatifs comparés au-dessus du recrû et au niveau du sol.**

Nature du couvert	Forêt	M 4	Tj 16	Y 284 69
a) Ecl. rel E_s au-dessus du sol (c = a × b)	0,81 1/123	1.21 1/83	1.56 1/64	21.8 1/4,6
b) Rapport E_s/E_r . . .	0,47	0,63	0,03	0,15
c) Ecl. rel. E_r au niveau du recrû	0,33 1/263	0,76 1/132	0.052 1/1923	3.36 1/30

Le rapport 0,47 entre l'éclairement au niveau du sol et à 2 m. de hauteur dans la forêt primitive de Yangambi correspond remarquablement au rapport 1/2 trouvé par PAULIAN (1947, p. 37) entre les éclairements au sol et à 1 m. 50 dans une forêt primitive de la Côte d'Ivoire. L'éclairement relatif au sol dans cete forêt était de 1 %.

Signalons encore, à titre comparatif, que CARTER (1934) considère l'éclairement relatif du sous-bois d'une forêt primitive de Guyane comme variant entre 0,2 et 0,8 %, tandis qu'EIDMANN (1942) estime à 1/225 l'éclairement relatif du sol dans une forêt ombrophile de Fernando Po. Ces derniers résultats sont comparables aux valeurs 0,38 et 1/263 correspondant à l'éclairement relatif au niveau du sol dans la forêt de Yangambi.

Le tableau II met aussi un fait remarquable en évidence. Un recrû relativement abondant comme celui croissant encore sous la couronne lourde du clone Tj. et la couronne elle-même exercent ensemble une extinction tellement considérable sur la lumière incidente extérieure que la 2000e partie seulement de celle-ci atteint le sol sous le recrû. Nous avons aussi vérifié qu'en recouvrant la cellule posée sur le sol dans le recrû par quelques feuilles mortes prises à la litière, l'extinction de la lumière s'avérait complète quel que fût par ailleurs l'abondance du recrû.

Rembarquons encore que les éclairements relatifs au sol donnés au tableau II traduisent indirectement le degré de protection thermique offert au sol par la végétation totale des couronnes et du recrû.

b) Température, tension de vapeur et déficit de saturation de l'air.

Des observations horaires de température et d'humidité de l'air ont été accomplies au cours des journées du 14 octobre et du 5 novembre 1948, entre 6 heures et 17 heures, sous le couvert des clones à type de couronne extrême Y284/69 et M4 ainsi que dans le sous-bois forestier, à l'aide d'un psychromètre à aspiration d'ASSMANN (LAMBRECHT, petit modèle). Les lectures toujours répétées en deux endroits différents étaient faites d'heure en heure dans chacun des trois placeaux : a) au niveau du sol, sous le recrû croissant dans l'axe de l'interligne, b) à mi-hauteur du recrû et c) au-dessus de ce recrû. Les observations homologues en forêt étaient accomplies au niveau du sol, à 1 m. 25 et à 2 m. 50. Le tableau III donne les variations comparées, pour les clones Y284/69 et M4, de la température T, de la tension de vapeur e et du déficit de saturation Δ e en mm. de Hg: a) pour l'air du niveau du sol sous le recrû, b) à l'intérieur du recrû et c) au-dessus de celui-ci (moyennes journalières combinées des observations du 14 octobre et 5 novembre 1948).

TABLEAU III. — **Gradient microclimatique vertical de T, e, Δe, sous les couverts extrêmes des clones Y 284/69 et M 4 (moyennes journalières de deux journées).**

Niveau de l'observation par rapport au recrû	Température T		Tens. de vap. e		Défic. de sat. Δe	
	Y.	M 4	Y.	M 4	Y	M 4
a) Recrû, niveau du sol	25,1	25,0	21,8	21,4	2,2	2.6
b) Recrû, mi-hauteur .	25,8	25,4	21,3	21,0	3,7	3,7
c) Au-dessus du recrû .	26,1	25,7	25,9	20,4	4,7	4.4

Comme on pouvait s'y attendre, la température et le déficit de saturation augmentent de la couche d'air confiné sous le recrû au niveau du sol, à la couche qui surmonte immédiatement le recrû, tandis qu'au contraire, la tension d'eau diminue légèrement le long de cette même verticale.

Les différences entre les moyennes journalières données au tableau III pour les deux clones extrêmes sont très faibles Cependant, des différences microclimatiques plus nettes sous ces deux couverts se dégagent de l'examen des variations horaires subies par les éléments T, e, Δe au cours de journées très ensoleillées comme celle du 5 novembre 1948 (Tableau IV).

TABLEAU IV. — **Variations diurnes des T, e, Δe, mesurés dans le recrû, à mi-hauteur de celui-ci, sous le convert des clones Y 284/69 (h = 1m25), M 4 (h = 0m60) et comparaison de ces variations avec celles observées à 1m25 dans la forêt primitive et à découvert.**

Heures	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Moy 7-17 h.
							Température T.						
A découvert.	21,8	23,2	24,3	26,4	28.2	29,5	29,3	30,6	30.0	30,4	29,5	23,3	27,2
Y 284/69 .	20,7	21,5	22,7	24,1	25.6	28,1	28.1	27,9	28,9	28,8	27,7	27,4	25,9
M 4	20,9	22,1	22,8	24.5	25.8	27,5	28,7	28,2	28,3	28,4	27,3	26,9	25,9
Forêt . .	21,2	21,8	22,8	24 1	24.5	25.6	26.3	26 6	26 4	25,8	25.7	25,4	24,7
							Tension de vapeur e.						
A découvert.	18,8	17,9	18,2	18,3	19,5	19,5	19,0	18.8	20.0	19,9	20,7	18,9	19.1
Y 284/69 . .	16.0	18,7	19,1	20,3	21,1	22,0	23,0	24,7	24,3	23.9	24,0	24,6	21 8
M 4	16,2	18,8	19,0	19,8	21,8	21,5	21,6	22,2	23,3	22.2	24,4	23,0	21,2
Forêt . .	18,1	18,9	19,6	20,8	20.8	21 8	22.7	23.1	23.3	23.0	23,3	22,7	21,5
							Déficit de saturation Δ e						
A découvert	0.8	3,4	4,6	7,5	9,2	11,4	11.6	14,2	11,8	12.7	10,2	2,6	8.3
Y 284/69 . .	2,3	0,5	1,7	2,2	3,5	6,5	5,6	3,4	5,6	5.8	3,8	2,8	3,6
M 4	2,3	1,2	1,8	3,3	3,1	5,9	7,9	6,5	5,5	6,8	2,8	3,6	4,2
Forêt . . .	0,8	0,7	1,2	1,7	2,1	2,7	2,9	2,9	2,5	1,9	1,5	1,5	1,9

On voit que les écarts microclimatiques entre le sous-bois forestier et la station météorologique voisine, située à découvert sur pelouse de *Paspalum* sp. sont très appréciables surtout pendant l'après-midi. La tension de vapeur, aussi bien dans les deux recrûs étudiés que dans la forêt, est nettement plus élevée qu'à découvert. Cette augmentation de la tension de vapeur produite par la transpiration des végétaux est bien la plus forte dans le recrû très dense du clone Y284/69. Il arrive même qu'au cours de l'après-midi, la tension de vapeur s'accroisse momentanément dans le recrû du clone Y284/69 d'une quantité suffisante pour rendre le déficit de saturation plus faible que dans le recrû du clone M4. C'est ce qui explique que le déficit de saturation moyen se soit montré légèrement moindre que dans le recrû du clone Y.

Quant au déficit de saturation moyen à découvert, il est environ le double de celui observé au sein des deux types de recrû, ce dernier déficit étant lui-même le double de celui réalisé dans le sous-bois forestier. Il faut remarquer aussi combien l'amplitude de la marche diurne du déficit de saturation sous le couvert forestier, de 2,6 mm. seulement, est atténué par rapport à l'amplitude de 13,4 mm. observée à découvert. Les valeurs du déficit de saturation que nous avons

observées à Yangambi dans le sous-bois d'une forêt ombrophile de terre ferme sont tout à fait du même ordre que celles observées ailleurs dans des forêts du même type, notamment par DAVIS et RICHARDS (1933) en Guyane britannique et par EVANS (1931) dans le Sud de la Nigérie.

c) Vitesse du vent et pouvoir évaporant de l'atmosphère.

Deux anémomètres totalisateurs très sensibles, à trois coupes coniques, du Prof. P. A. SHEPPARD (sensitive anemometers Casella) ont été placés juste au-dessus du recrû dans les parcelles Y284/69 et M4, du 15 au 19 décembre 1948

Les lectures étaient faites à 7 et 17 heures. On observait également aux mêmes heures un troisième anémomètre placé à 1 m. 50 de hauteur au-dessus de la pelouse de la station d'écoclimatologie générale de Yangambi. Enfin, des comparaisons entre la vitesse du vent à découvert et celle sous forêt, à 1 m. 50 de hauteur ont été faites ultérieurement avec les deux anémomètres sensibles. Les résultats obtenus ont été ramenés à ceux acquis au cours de la pentade des observations anémométriques antérieures. Le tableau V exprime les résultats finaux de ces comparaisons.

TABLEAU V. — **Vitesse moyenne du vent en Km/h. sous les couronnes des clones Y 284/69, M 4, sous forêt et à découvert (moyennes de cinq jours).**

Heures	Decouvert	Y 284 69	M 4	Forêt
Jour (de 7 à 17 h)	3 74	1,00	1,00	0,27
Nuit (de 17 à 7 h)	2,92	0,05	0,11	0,10

On voit que pendant la journée, les vitesses du vent au-dessus des deux recrûs sont égales La végétation des hévéas et du recrû réduit la vitesse déjà faible du vent à découvert environ au quart de sa valeur. Sous forêt, le vent est extrêmement atténué. Sa vitesse y est réduite 14 fois pendant la journée et 29 fois pendant la nuit par rapport au vent soufflant à découvert.

Au cours de la même pentade, deux atmomètres standards de LIVINGSTONE furent installés dans chacune des parcelles Y284/69 et M4 aux environs des anémomètres et au même niveau que ces derniers. Deux atmomètres supplémentaires furent placés en forêt à 1 m. 50 de hauteur. Un septième atmomètre installé sur la pelouse de la station d'écoclimatologie donnait l'évaporation à découvert également à 1 m. 50 au-dessus du sol. Le montage en burette des sept atmomètres permettait la lecture des cm3 d'eau évaporée au 1/10e. Les lectures étaient accomplies à 7 heures et à 17 heures.

Il ressort du tableau VI ci-dessous résumant les résultats de nos observations d'atmométrie corrigée du coefficient des instruments, que le pouvoir évaporant de l'air au-dessus du recrû Y284/69 vaut 1,3 celui au-dessus du recrû M4.

TABLEAU VI. — **Evaporation journalière moyenne en cm³ au-dessus du recrû des clones Y 284/69 et M 4, à découvert et sous forêt.**

Heures	Découvert	Y 284/69	M 4	Forêt
	Evaporation en cm³			
De jour (de 7 à 17 h.).	15,1	6,4	4,8	0,88
De nuit (de 17 à 7 h.).	2,5	1,2	1,5	1,07
Total journalier. . . .	17,6	7,6	6,3	1,95
	Evap. découvert/évap. du placeau			
De jour (de 7 à 17 h.).	1,0	2,4	3,2	17,2
De nuit (de 17 à 7 h.).	1,0	2,1	1,7	2,3
Total journalier. . . .	1,0	2,3	2,8	9 6

L'évaporation nocturne est, au contraire, légèrement plus forte dans la parcelle M4. Ceci est à rapprocher du fait que la vitesse nocturne du vent dans le clone M4 a été trouvée double de celle observée dans le clone Y284/69 (cf. tableau V).

L'évaporation diurne à découvert vaut 24 fois celle sous le clone Y; 3,15 fois celle sous le clone M4 et 17,2 fois celle sous la forêt. Les valeurs nocturnes de ces coefficients s'atténuent beaucoup. L'évaporation à découvert n'est plus la nuit que 2,3 fois plus élevée que celle sous la forêt.

d) Température du sol.

Les analyses physiques et chimiques d'échantillons de sols choisis dans diverses parcelles et sous forêt ont été effectuées par la Division d'Agrologie de l'Institut que nous devons remercier pour sa précieuse collaboration. Du point de vue des facteurs qui conditionnent la température et l'humidité du sol, il nous suffit de signaler ici que les sols des diverses parcelles et de la forêt sont des sols jaune foncé assez sablonneux ayant 40 % de porosité.

Les mesures de température du sol dans les parcelles expérimentales et dans la forêt étaient accomplies jusqu'à 30 cm. de profondeur à l'aide de thermomètres frondes glissés dans une cavité que l'on ménageait préalablement dans le sol au moyen d'une tige métallique graduée. Les températures à des profondeurs supérieures étaient prises en enfonçant la tige horizontalement le long de la paroi d'une tranchée de 2 mètres de profondeur creusée dans l'axe central du recrû.

Des séries d'observation ont été réalisées de trois en trois heures, de 6 à 17 heures, dans diverses parcelles clonales et en forêt au cours des journées du 12 octobre et du 5 novembre 1948. Le tableau VII compare les profils thermiques et extrêmes observés dans la journée du 5 novembre de 0 à 75 cm. en profondeur, pour la forêt, les clones M4 et Y284/69 ainsi que dans le sol dénudé de la station géothermique de Yangambi.

TABLEAU VII. — **Profils géothermiques extrêmes et moyens, et leurs écarts à la forêt entre 0 et 75 cm. de profondeur, sous les clones Y 284/69 et M 4, en sol nu et sous forêt au cours de la journée du 5 novembre 1948.**

Prof. en cm.	Forêt (référence)	Clone M 4		Clone Y 284/69		Sol nu à découv.	
		t°	M—F	t°	Y—F	t°	D—F
				à 6 heures			
0	23,0	23,0	0,0	22,4	—0,6	—	—
5	22,3	23,0	+ 0,7	23,0	+ 0,7	22,0	—0,3
10	22,5	22,8	+ 0,3	22,9	+0,4	23,0	+0,5
20	22,1	22,3	+ 0,2	22,5	+0,4	24,1	+2,0
30	23,0	23,1	+0,1	23,1	+0,1	24,4	+ 1,4
50	23,1	23,2	+ 0,1	23,3	+0,2	25,1	+2,0
75	23,1	23,3	+0 2	23,6	+0,5	25,3	+ 2,2
				à 17 heures			
0	24,9	25,5	+ 0,6	24,4	—0,5	—	—
5	24,5	25,5	+ 0,9	24,4	—0,1	30,6	+6,1
10	24,2	25,0	+ 0,8	24,1	—0,1	32,8	+8,6
20	23,0	24,0	+ 1,0	23,2	+0,2	32,4	+9,4
30	23,6	23,4	—0,2	23,7	+ 0,1	30,0	+6,4
50	23,3	23,5	+0,2	23,6	+0,3	28,0	+4,7
75	23 4	23,5	+ 0,1	23,6	+ 0,2	27,6	+ 4,2
		Moyennes de la journée (6+9+12+15+17 H, 5)					
0	24,2	24,3	+ 0,1	23,8	—0,4	—	—
5	23,6	24,1	+0,5	23,7	+0,1	29,9	+6,3
10	23 3	23,9	+0,6	23,5	+ 0,2	29,2	+5,9
20	22,6	23,0	+ 0,4	22,9	+0,3	28,1	+5,5
30	23,4	23,4	+0,0	23,5	+ 0,1	27,3	+3,9
50	23,3	23,4	+0,1	23,5	+0,2	26,2	+2,9
75	23,2	23,4	+0,2	23,6	+ 0,4	26,0	+2,8

Il ressort des résultats du tableau VII que le recrû très abondant du clone Y284/69, associé à une couronne très légère, offre au sol une protection thermique comparable à celle due à l'ensemble; couronne très lourde-recrû très maigre du clone M4. Les écarts avec la forêt, bien que positifs en règle générale, ne dépassent pas 1° et changent même parfois de signe. Par contre, les écarts de température du sol nu à découvert-forêt sont considérables puisqu'ils varient entre 5 et 10° en fin d'après-midi dans les cinquante premiers centimètres du sol.

Le tableau VIII résume les résultats moyens des observations accomplies dans la journée du 12 octobre afin d'étudier comparativement les influences géothermiques attribuables au système couronne-recrû de quatre clones caractéristiques (cf. fig. 1, 2, 3 et 4).

TABLEAU VIII. — **Profils géothermiques moyens entre 0 et 30 cm. sous divers clones d'Hevea, en forêt et en sol nu, le 12 octobre 1948 (moyennes de 6, 7, 9, 12 et15 heures).**

Prof. en cm.	Forêt (référ.)	Tj 16		M 1		M 4		Y 284/69		Découvert	
		t°	Ecart	t°	Ecart	t°	Ecart	t°	Ecart	t°	Ecart
0	23,9	23,8	—0,1	23,8	—0,1	24,2	+0,3	23,9	0,0	32,4	+8,5
5	23,3	23,4	+0,1	23,7	+0,4	23,8	+0,5	23,7	+0,4	28,7	+5,4
10	23,2	23,3	+0,1	23,6	+0,4	23,5	+0,3	23,5	+0,2	27,4	+4,2
20	22,4	22,6	+0,2	22,7	+0,3	22,8	+0,4	22,7	+0,3	24,7	+2,3
30	23,6	23,8	+0,2	24,3	+0,7	24,3	+0,7	23,9	+0,3	25,8	+2,2

Le fait marquant qui se dégage de l'examen de ces chiffres est la protection thermique maxima qu'offre au sol l'ensemble de la couronne lourde du clone TJ16 (1,6 % d'écl. rel.) et de son recrû encore remarquablement développé. Les écarts entre les profils thermiques Tj16 et forêt sont, en effet, négligeables. Ainsi, les deux facteurs : couvert dense des hévéas et recrû bien développé, concourent à assurer la thermoprotection du sol avec une efficacité parfaite.

Ce résultat est confirmé par une série d'observations journalières des températures maxima et minima moyennes prises par la surface du sol sous les recrûs de divers clones et sous la forêt. Ces observations furent accomplies du 14 au 21 décembre 1948, à l'aide de deux géothermographes et de thermomètres à maxima et à minima. Les sondes des géothermographes et les thermomètres étaient glissés horizontalement sous la litière couvrant la surface du sol dans l'axe du recrû Le tableau IX résume les résultats de ces observations

TABLEAU IX. — **Maxima et minima journaliers de la température sous la litière: a) dans le recrû de divers clones; b) pour la forêt (moyenne de huit journées).**

Température	Y 284/69	M 4	Tj 16	Forêt
Maximum	25,6	25,0	23,5	23,2
Minimum	22,0	21,4	21,5	21,3
Moyenne	23,8	23,1	22,5	22,3
Amplitude	3,6	3,6	2,0	1,9

On voit que les écarts des températures extrêmes entre le clone Tj16 et la forêt sont insignifiants. Fait nouveau qui ne se dégageait pas des données du tableau VIII relatives à une seule journée d'observation, la température au niveau du sol sous le recrû du clone Y284/69 est la plus élevée.

Une troisième série d'observations touchant le profil géothermique jusqu'à 1,50 m. en profondeur, met aussi en évidence un échauffe-

ment du sol légèrement plus notable sous le recrû du clone Y 284/69 par rapport au clone M4 et à la forêt. (Tableau X).

TABLEAU X. — **Profils géothermiques des couches profondes, dans les clones Y 284/69, M 4 et sous forêt (moyennes de trois journées, observations de 15 à 16 heures).**

Prof. en cm.	30	50	75	100	150
Y 284/69 . .	25,1	24,7	24 5	24,4	24,3
M 4 .	24,6	24,2	24,0	24,0	24,0
Forêt .	24,2	23,9	23,7	23,5	23 5

e) Humidité du sol.

Cet élément écologique fondamental a été mesuré à cinq reprises aux profondeurs 30, 75 et 150 cm. au cours des journées du 13, 15, 23, 28 et 30 décembre, dans les clones Y284/69 et M4 ainsi que dans la forêt. Un échantillon moyen du sol était prélevé à chaque profondeur, sur une distance horizontale d'environ 50 cm., le long d'une paroi de la tranchée creusée dans l'axe du recrû. Chaque prise d'échantillon était répétée dans une seconde tranchée située à quelque distance de la première, ceci afin d'apprécier le degré d'homogénéité des mesures et, partant, la valeur représentative des moyennes calculées pour l'ensemble de la parcelle. Les écarts entre les observations d'une même journée pour les deux profils se sont toujours maintenus dans des limites très satisfaisantes. L'humidité de nos échantillons a été déterminée par séchage à l'étuve à 105° et pendant 24 heures (1). Le tableau XI donne les humidités moyennes du sol ainsi obtenues en pour-cent du poids de terre sèche, pour la forêt ainsi que pour les clones Y284/69 et M4.

TABLEAU XI — **Humidité du sol, en % du poids sec, sous les clones Y 284 69, M 4 et sous la forêt (moyennes de cinq journées, du 13 au 30 décembre).**

Profondeur en cm.	Y 284 '69	M 4	Forêt
30	17,3	15,6	15,1
75	18,8	16,8	17,2
150	18,4	16 2	16,9
Moy 0—150	18,3	16,3	16,6

(1) Nous remercions cordialement M. J. FRIPIAT, physicochimiste à la Division d'Agrologie de l'Institut, qui s'est chargé obligeamment de ces déterminations.

Il ressort de ces chiffres que l'humidité du sol est la plus forte sous le couvert du clone Y284/69 à couronne très légère. Le clone M4 dont le recrû très maigre est fort comparable à celui du sous-bois forestier, jouit d'une humidité du sol nettement moindre et tout à fait semblable à celle du sol de la forêt.

IV. — ECLAIREMENT RELATIF ET CROISSANCE DU RECRU NATUREL

L'objet de ce paragraphe est d'étudier d'une manière quantitative le rapport bien manifeste qui existe entre l'éclairement relatif filtré par les couronnes des divers clones et l'abondance du recrû naturel croissant sous ces couronnes. Nous avons entrepris à cette fin de peser le recrû dans les douze parcelles clonales étudiées, selon une méthode que nous allons exposer.

Dans chaque clone, et au centre de la parcelle, on délimitait par des cordes, une bande large de 5 m. et longue de 84 m. qui recoupait perpendiculairement douze interlignes d'hévéas. Cette bande fut divisée en deux moitiés de 5 × 42 m., la première pour la coupe du recrû au niveau du sol, la seconde pour la coupe à 70 cm. de hauteur selon le mode d'entretien semi-annuel du recrû. Chacune de ces moitiés fut à nouveau divisée en trois parties couvrant chacune deux interlignes. L'aire d'une partie était, par conséquent, 14 × 5 m^2 = 70 m^2 de terrain, soit 10 × 5 = 50 cm^2 de surface occupée par le recrû, puisqu'une bande de recrû a 5 m. de large entre deux lignes d'hévéas distantes de 7 m.

On avait donc formé ainsi dans chaque parcelle trois répétitions d'un couple de 50 m2 de recrû destiné à la coupe rase et de 50 m2 de recrû pour la coupe à 70 cm. Le recépage et la pesée du recrû d'un couple appartenant à une même répétition furent accomplis entre 9 et 11 heures dans les douze parcelles, au cours d'une même matinée, à l'aide de deux équipes de huit hommes. Les trois matinées ainsi consacrées respectivement aux trois répétitions jouirent heureusement d'un temps couvert et la perte d'eau par la matière coupée fut certainement très réduite au cours des quelques minutes d'intervalle entre le recépage et la pesée. Au fur et à mesure de la coupe, deux hommes séparaient immédiatement la matière herbacée et la matière ligneuse et les plaçaient dans deux grands sacs que l'on suspendait à un fort peson d'échelle 0-50 Kg. On a obtenu ainsi des poids frais de recrû pour 50 mètres carrés que l'on a rapportés à l'hectare en les multipliant par le coefficient 7.200 m2 de recrû ha./50 m2 = 144. Une dernière opération consistait à prélever immédiatement, après pesée de la matière fraîche, deux échantillons moyens, l'un de matière ligneuse, l'autre de matière herbacée ayant 10 Kg. exactement de poids frais. Ces échantillons étaient alors portés au séchoir statique et pesés à diverses reprises, après 2 ou 3 jours de séchage, jusqu'à ce

qu'une bonne constance de poids sec fût obtenue. Les poids secs observés furent ramenés à l'hectare en les multipliant par le poids/ha. en matière fraîche divisé par 10. Nous estimons l'erreur moyenne sur les poids par cette méthode à ± 5 % pour chaque 50 m2 recépés. Mais l'extrapolation à l'hectare des résultats obtenus sur 50 m2 de recrû peut entraîner des pourcentages d'erreur définitive beaucoup plus considérables. Chaque kilogramme d'écart en poids frais, entre le recrû réel pesé et le recrû moyen fictif par hectare pour les 50 m2 coupés, entraîne une erreur de 144 kg./ha. C'est afin de diminuer cette erreur d'échantillonnage que nous avons répété trois fois nos coupes et nos pesées.

Les poids/ha. de recrû en coupe rase et en coupe à 0 m. 70 sont exprimés pour les douze clones aux tableaux XII et XIII. Dans chaque tableau, nous donnons séparément en kilogrammes le poids frais et le poids sec pour la matière ligneuse, la matière herbacée et la matière totale. Les pourcentages des poids de matière ligneuse et herbacée sont également fournis On remarquera les différences considérables qui apparaissent dans ces pourcentages. Enfin, dans le dernier tiers des tableaux, on trouvera le nombre de kilogrammes d'eau d'imbibition de la matière totale coupée, ainsi que les pourcentages d'humidité des matières ligneuse, herbacée et totale. Ces derniers pourcentages se groupent bien autour de valeurs moyennes qui ont été calculées.

Les variations de poids sec de la matière ligneuse, herbacée et totale du recrû, coupé au niveau du sol et à 0 m. 70 ont été mises en courbes en fonction de l'éclairement relatif incident (fig. 6 et 7.1). En réalité, c'est le logarithme de E_r que nous avons place en abscisses afin de rendre plus claire la présentation graphique des résultats. Les éclairements relatifs des huit premiers clones sont, en effet, très voisins, tandis que l'ordre de grandeur des E_r suivants augmente rapidement. La figure 6, relative à la coupe rase du recrû, met en évidence un maximum très net du poids sec de la matière ligneuse (courbe a) pour le clone M1 jouissant de 6 % d'éclairement relatif. C'est ce maximum de près de 5.000 kg./ha. qui provoque un maximum corrélatif dans la courbe c du poids sec de la matière totale. Malgré cette irrégularité majeure, on peut cependant dire que, dans l'ensemble, les poids secs de matière ligneuse, herbacée et totale, croissent avec l'éclairement relatif selon une courbe de saturation. Celle-ci s'esquisse assez bien dans la courbe b de la fig. 6 relative au poids sec de la matière totale coupée à 70 cm. La courbe de saturation idéale qui semble le mieux définie par les points observés de la courbe (7, c) a été dessinée en ponctué (courbe 7, 1, c').

On remarquera l'allure identique de cette courbe idéale c' avec les courbes bien connues de LUNDEGARDH (1930, p. 45) qui expriment l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne — c'est-à-dire des aug-

TABLEAU XII. — **Recrû coupé au niveau du sol; poids frais, poids sec et teneur en eau libre par hectare de plantation (7.200 m² de recrû) sous divers clones d'Hevea.**

Clone	Eclairement relatif (1)	Poids frais					Poids sec					Teneur en eau libre			
		Matière ligneuse		Matière herbacee		Matière totale en Kg p. frais	Matière ligneuse		Matière herbacée		Matière totale en Kg p. sec	En % du poids frais			En Kg (pf.-ps.)
		en Kg	en %	en Kg	en %		en Kg	en %	en Kg	en %		Matière lign.	Matière herb.	Matière totale	
M 4	1.21	1.800	18.8	7.820	81,2	9 620	870	33,1	1.760	66.9	2.630	51,7	77,4	72.6	6.990
BR 1	(1,39)	3 690	24.3	11 520	75.7	15 210	1 630	37,4	2.810	62.6	4.490	54,5	75.6	70,5	10.720
Tj 16	1,56	4.460	36.6	7.730	63,4	12 190	1 990	51,2	1 900	43.8	3.890	55,4	75,4	68,1	8.300
Av. 49	(1,64)	1 680	11,7	12.670	88,3	14.350	810	23,2	2 680	76.8	3.490	50.8	78.8	75,7	10.860
Y 24/41	(2,04)	3.210	21,4	11.760	78,6	14 970	1 550	37.2	2 620	62,8	4 170	51,7	77,7	72,1	10.800
Av. 152	(2,31)	1 610	11,6	12 280	88,4	13.890	770	22,4	2.670	77.6	3.440	52,2	78.3	75,9	10.550
Tj 1	(2,93)	2.400	14.5	14.110	85,5	16.510	1 160	28,2	2.950	71.8	4.110	51.7	79.1	75.1	12.400
M 8	3.56	6.910	26.7	19.000	73,3	25.910	3.170	46 7	3 610	53,2	6.780	54.1	81,0	73.8	19.130
M 1	6.01	9.400	32.2	19.770	67,8	29 170	4 980	51.8	4 630	48,2	9.610	47,0	76.6	67,1	19.560
BD 5	7.43	5.040	20.9	19 100	79.1	24 140	2.520	36,5	4 390	63.5	6.910	50,0	77.0	71,4	17.230
Y 3/46	8,33	5.520	20.6	21.310	79.4	26 830	2.680	36,0	4.770	64.0	7.450	51,4	77,6	72,2	19.380
Y 284 60	21.80	5.040	17.2	24.190	82.8	29 230	2 580	21.6	5 590	68.4	8.170	48,8	76.9	72,0	21.060
											Moy.	51,6	77,6	72,2	

TABLEAU XIII. — **Recrû coupé à 70 cm. de hauteur (coupe d'entretien semi-annuelle) : poids frais, poids sec et teneur en eau libre par hectare de plantation (7.200 m² de recrû) sous divers clones d'Hevea.**

Clone	Eclairement relatif (1)	Poids frais: Matière ligneuse en Kg	en %	Matière herbacee en Kg	en %	Matière totale en Kg p. frais	Poids sec: Matière ligneuse en Kg	en %	Matière herbacée en Kg	en %	Matière totale en Kg p. sec	Matière lign.	Matière herb.	Matière totale	En Kg (pf.-ps.)
M 4	1.21	720	15.3	3.980	84.7	4 700	300	40.0	540	60 0	900	50.0	86,4	80,8	3.800
BR 1	(1,39)	1.270	13.1	8.400	86 9	9.670	620	33 3	1 240	66.7	1.860	51.2	85,2	80,8	7.810
Tj 16	1,56	1.100	14.4	6 520	85 5	7 620	430	32 4	1.000	67.6	1.480	56 4	84 6	80,6	6.140
Av. 49	(1,64)	1.080	14.3	6 480	85,7	7.560	400	25 3	1.150	74,2	1.550	63,0	83,2	79,5	6.010
Y 24 41	(2,04)	1.080	11.2	8 540	88.8	9.620	550	30 1	1.230	69.9	1.830	49 1	84 9	80.9	7.790
Av. 152	(2,31)	690	10.3	6 000	89.7	6.690	350	22 6	1 200	77 4	1.550	49,3	80.0	76.8	5.140
Tj 1	(2,93	960	8.6	10 170	91 4	11.130	380	20.4	1.480	79 6	1.860	60.4	85.4	83.3	9.270
M 8	3,56	1.390	14.4	8.250	85,6	9.640	600	29 0	1 470	71 0	2 070	56,8	82.2	78,5	7.570
M 1	6,01	1.200	10.2	10 600	86.8	11 800	570	23 5	1 860	76.5	2 430	52,5	82,4	79,4	9.370
BD 5	7,43	1.100	9.0	11.080	91.0	12 180	450	20.1	1 790	79 9	2 240	59.1	83.8	81,6	9.940
Y 3 46	8,33	1.630	16 0	8 540	84.0	10.170	660	27,7	1 270	72,3	2 380	59,8	79.8	76,6	7.790
Y 284 60	21.80	1 630	14.2	9.860	85 8	11 490	710	29.2	1.720	70.8	2.430	56.4	82.5	78,8	9.060
											Moy.	55,3	83,3	79,8	

(1) Remarque. — Les éclairements relatifs donnés entre parenthèses sont approximatifs et résultent de mesures effectuées en novembre afin de compléter les éclairements relatifs moyens du tableau I

mentations de poids sec pour diverses plantes d'ombre et de lumière en fonction de l'éclairement relatif (Loi de la relativité de l'assimilation de LUNDEGARDH).

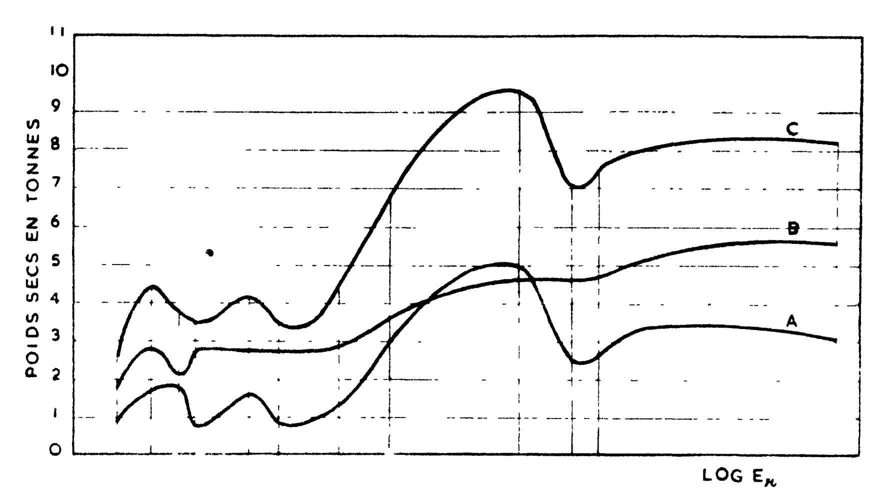


FIG. 6. — Variations du poids sec du recrû coupé au niveau du sol en fonction de l'éclairement relatif pour a) la matière ligneuse, b) la matière herbacée, c) la matière totale.

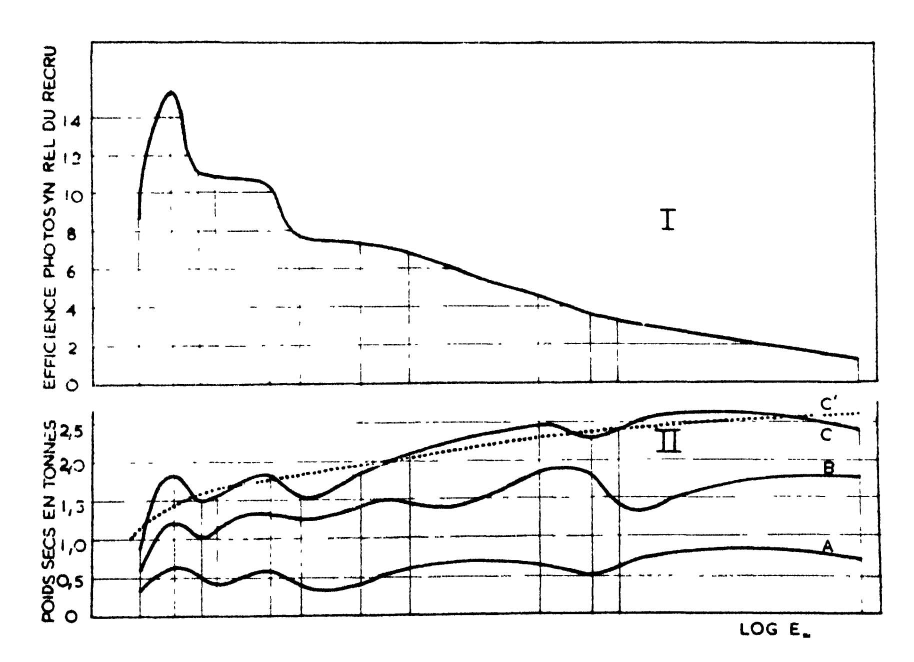


FIG. 7. — I. Variation du poids sec du recrû coupé à 0 m. 70 de hauteur en fonction de l'éclairement relatif pour : a) la matière ligneuse, b) la matière herbacée, c) la matière totale. La courbe c' donne l'allure idéale de la courbe c rectifiée.

II. Variation de l'efficience photosynthétique du recrû naturel en fonction de l'éclairement relatif

Ordonnées et abscisses de même nature, courbes de même allure, il y a ici plus qu'une simple coïncidence. Notre courbe expérimentale (7, a) donne, pour une gamme d'éclairements relatifs, les poids de matière sèche formée en six mois par un recrû naturel, dans l'intervalle de deux recépages à 70 cm. Ces rendements résultent d'un bilan entre la matière (Ph) fixée par photosynthèse dans la partie du recrû au-dessus de 70 cm., augmentée de la matière de réserve (r) des racines et des tiges accumulées antérieurement et qui a contribué à reformer le recrû de son recépage, diminuée de la matière (R) fixée par photosynthèse mais consommée dans la respiration. On a donc :

$$P = Ph + r - R \quad (2).$$

Or il semble naturel d'admettre que r et R sont chacun proportionnel à Ph. Il résulte de (2) que P varie proportionnellement à Ph et en est une mesure. C'est dire finalement que P mesure l'activité photosynthétique totale au cours de six mois de l'ensemble du recrû sous le clone considéré, le facteur de proportionnalité étant inférieur à l'unité.

Il est aisé de calculer maintenant l' *efficience photosynthétique relative* q du recrû sous les divers clones. Nous définissons ce coefficient q, comme étant l'énergie lumineuse u absorbée en six mois par la chlorophylle du recrû, en pour-cents de l'énergie lumineuse incidente U. Or, on peut écrire,

$$u = c.P$$
$$U = n.S.Q.\, E_r/100,$$

égalités dans lesquelles c est la chaleur de combustion de la matière organique en Cal/Kg., P le poids sec du recrû en Tonnes/ha., n le nombre de jours contenus dans six mois, Q la radiation journalière moyenne à Yangambi en Cal/m^2, S la surface occupée par le recrû en m^2/ha. On obtient ainsi,

$$q = 100 \frac{u}{U} = \frac{10^7 c}{n.s.q.} \times \frac{P}{E_r} = 11{,}5 \frac{P}{E_r} \qquad (3)$$

puisque n = 182,5; S = 7.200, tandis que l'on adopte c = 4.500 Cal/Kg. et Q = 3.000 Cal/m^2 (cf. BERNARD, 1945). Les valeurs de q calculées par la relation (3) pour les douze clones sont données au tableau XIV.

TABLEAU XIV. — **Variation de l'efficience photosynthétique relative d'un recrû naturel sous divers clones d'Hevea en fonction de l'éclairement.**

Clone . . .	M 4	BR 1	Tj 16	A 49	Y 24	A152	Tj 1	M 8	M 1	BD 5	Y 3/46	Y 284
P en T . . .	0,90	1,86	1,48	1,55	1,83	1,55	1,86	2,07	2,43	2,24	2,38	2,43
E_r en % . .	1,39	1,39	1,56	1,64	2,04	2,31	2,93	3,56	6,01	7,43	8,33	21,80
q en % . . .	8,5	15,3	10,9	10,8	10,3	7,7	7,3	6,7	4,6	3,5	3,3	1,3

Ces valeurs de q nous ont servi à construire la courbe de la figure 7 II. On voit qu'exception faite pour le point M4 qui se place nettement en-dessous de la courbe, q décroît régulièrement de 15,3 à 1,3 % entre 1,4 et 21,8 % d'éclairement relatif. On peut dire que l'efficience photosynthétique est environ 10 fois moindre sous un clone à couvert très léger comme Y 284/69 que sous un clone à couvert fort épais comme BR1 ou Tj 16. Remarquons cependant que les nombres obtenus pour q, s'ils gardent une valeur relative certaine et indépendante des coefficients numériques adoptés, ne fixent qu'une limite inférieure de q, car le produit c.P., comme on l'a établi, n'exprime qu'une partie de l'énergie absorbée en six mois par la chlorophylle du recrû. Il convient de remarquer aussi que les deux courbes de variations de P et de q (fig. 7. I et 7. II) traduisent deux expressions différentes d'un même fait et sont liées entre elles comme deux fonctions f (x) et f (x)/x.

Il résulte de ce qui précède que l'on peut envisager la courbe idéale c' comme la résultante de toutes les courbes de LUNDEGARDH qui correspondent aux diverses espèces composant un recrû forestier. On est donc en droit de considérer que cette courbe c' offre un exemple de généralisation légitime pour un groupement végétal, de la loi monospécifique de LUNDEGARDH touchant la relativité de l'assimilation.

V. — LES CONSEQUENCES AGRONOMIQUES

Il faut discuter maintenant le sens agronomique des différences écoclimatiques dégagées et, principalement, celui des variations de l'abondance du recrû qui détermine l'éclairement relatif. Climat local, microclimat du couvert, sol, hévéas et recrû, intervention régulière de l'homme récoltant le latex ou recépant la couverture, forment un tel complexe d'éléments évoluant par le jeu permanent d'interactions sans cesse variables, que nous devrons nous borner ici à examiner d'une manière très globale l'incidence des faits acquis dans les précédents paragraphes sur la conservation du sol et le rendement des diverses parcelles. Ceci, avec toute la circonspection qui s'impose et, avant tout, en vue de préciser les points essentiels qui devront être mis en lumière par les recherches ultérieures.

Le problème agronomique qui se rattache à notre étude est essentiellement celui de déterminer le type de clone qui réalise le compromis le plus rémunérateur entre la conservation du sol par le recrû naturel et le maintien de la productivité des hévéas d'une part, et la concurrence que le recrû livre aux hévéas au point de vue de la nutrition minérale et du bilan d'eau, d'autre part. Nous ne pouvons qu'énoncer ici la forme générale de l'important problème de la plante de couverture que pose l'agronomie tropicale.

Pour la conservation des propriétés physiques du sol, l'avantage semble actuellement revenir au recrû très abondant croissant sous les

clones à couronne fort légère. En effet, sous ces clones, le recrû fabrique de la matière organique en quantité appréciable, à partir de lumière et de CO_2 fournis gratuitement.

On peut tenter d'estimer fort approximativement la quantité totale de matière organique sèche photosynthétisée par le recrû depuis la création de la plantation et fournie au sol semi-annuellement : a) au moment de notre étude soit après cinq ans et demi de croissance, b) jusqu'à la cessation des recépages, par suite de la disparition progressive du recrû au cours des prochaines années. Nous limiterons encore nos déterminations aux deux clones à types de couvert extrêmes M4 et Y284/69. Fixons à 1.500 kg. de poids sec pour chacun des deux clones le rendement de chacune des six coupes effectuées tous les quatre mois dans les deux premières années de la plantation. Traçons ensuite les courbes d'évolution les plus probables du recrû sous les clones M4 et Y284/69 depuis le début de la troisième année jusqu'à la sixième année pour le M4 et jusqu'à la douzième année pour le Y284/69, époques respectives du dernier recépage qui fournit environ 900 kg. de matière organique. On trouve ainsi les résultats ci-dessous qui fixent les limites inférieures des ordres de grandeurs cherchés.

TABLEAU XV. — **Estimation en kilogrammes du poids sec de matière organique fournie au sol par recépage du recrû.**

Période	M 4	Y 284/69	Différence
Après 5 ans 1/2 . . .	15 000	25 000	10.000
Pour la durée de la plantation .	15.000	45 000	30 000

Les 30.000 kg. supplémentaires de matière organique fournie au sol du clone Y284/69 auront probablement un effet appréciable sur les propriétés physiques du sol. Cependant, les analyses du sol des parcelles M4 et Y284/69 ne montrent pas actuellement de différences significatives; mais il faut remarquer que d'après le tableau XIV, les différences d'apport en matière organique vont seulement se manifester pleinement au cours des six prochaines années.

Un autre avantage conféré en général aux plantes de couverture est celui de la thermoprotection du sol. Les observations géothermiques accomplies dans les parcelles et sous la forêt et exposées au paragraphe d montrent que cette thermoprotection est réalisée d'une manière très satisfaisante et pratiquement équivalente pour les divers systèmes : densité du couvert clonal-abondance corrélative du recrû. En effet, les températures mesurées n'ont jamais différé entre elles de plus d'un demi-degré.

On doit examiner maintenant le degré de concurrence que livre le recrû aux hévéas selon l'abondance de ce recrû. D'abord, le bilan de la concurrence en matière minérale est pratiquement nul quand on l'étend à la vie entière de la plantation. Car toute la matière minérale exportée du sol par le recrû y retourne finalement, soit par les coupes successives du recrû, soit par sa disparition progressive.

Le problème de la concurrence en eau est plus délicat à envisager ici, car des données essentielles nous font encore actuellement défaut. Notre étude a mis en évidence l'humidité plus forte du sol sous le recrû très abondant du clone Y284/69. La différence de 18,3 — 16,3 = 2,0 % d'humidité trouvée au tableau XI sous les clones Y284/69 et M4 pour la couche allant de 0 à 1 m. 50 est plus notable qu'il ne paraît. On calculera immédiatement, en adoptant 1,5 comme poids spécifique apparent pour le sol de ces parcelles, que cette différence correspond à une lame de 45 mm. de précipitations supplémentaires, réparties uniformément dans cette couche. FRIPIAT (1) pense que cette augmentation de l'humidité sous le recrû Y284/69 résulte de l'effet conjugué de la transpiration plus abondante de ce recrû et de son enracinement plus dense qui appelle l'eau des couches profondes vers la surface du sol.

Le problème de la concurrence en eau recrû-hévéas se ramène donc : 1) à celui d'établir pour les divers clones le niveau de la couche où les poils absorbants des hévéas se concentrent principalement; 2) à celui d'étudier comparativement l'humidité du sol à ce niveau. Si cette couche se situe à une profondeur suffisamment voisine de la surface, il y aura avantage écologique à tout égard à faciliter le développement maximum du recrû naturel. Au contraire, si les poils radiculaires des hévéas se localisent beaucoup plus bas et si l'humidité pompée vers le haut par la transpiration du recrû, entraîne un assèchement correspondant des couches profondes, un recrû abondant, pourra s'avérer pour le maintien de l'équilibre du bilan d'eau des hévéas aux époques de sécheresse. Ce point important ne pourra être tranché que par des recherches quantitatives sur la transpiration comparée des hévéas et du recrû, par des études sur l'enracinement du recrû et des hévéas, ainsi que par des mesures d'humidité du sol, depuis la surface jusqu'à plusieurs mètres en profondeur. Sans préjuger ici de la solution, il faut remarquer que les rendements en latex du clone Y284/69 restent, à la mi-janvier, en progression constante, bien qu'une sécheresse anormale, entrecoupée de quelques pluies, sévit à Yangambi depuis fin novembre. C'est l'occasion d'attirer ici l'attention sur le rôle tout à fait négligeable que joue dans le bilan d'eau de la plantation, l'eau exportée du sol par la récolte du latex. Une récolte moyenne de 3.000 litres de latex par ha./an avec ses 60 %

(1) D'après une communication verbale.

d'eau équivaut à une précipitation de 0,2 mm. et représente la dix-millième partie des pluies annuelles!

Les recherches quantitatives suggérées ci-dessus, complétées d'essais comparatifs dans les parcelles clonales permettront de résoudre aussi la question fort débattue de la date de recépage du recrû la plus favorable pour la productivité des hévéas. Faut-il recéper en saison sèche ou humide? La réponse à cette question dépendra immédiatement de la solution du problème posé plus haut sous forme d'alternative. Mais on doit dès maintenant écarter l'argument faisant appel à l'eau empruntée au sol, qui reconstituera l'eau d'imbibition du recrû. Car cette quantité d'eau, de l'ordre de 20.000 Kg./ha. (cf. tableau XIII), ne représente qu'une lame d'eau évaporée de 2 mm. qui ne diminue en rien l'humidité du sol.

La conclusion pratique principale qui se dégage en fin de compte de ce travail est qu'il pourrait importer de donner une orientation nouvelle au choix de nos arbres-mères vers des types de couronnes bien déterminés.

Le problème qui se pose au sujet de la densité des couronnes revêt un aspect économique. D'abord, l'adoption d'un clone à couronne dense planté à l'écartement normal 7 × 3 m. réduira les frais d'entretien. Le couvert épais va, en effet, arrêter la croissance de la strate végétale dominée, ce qui supprimera pratiquement l'entretien de l'interligne vers six ou sept ans.

D'autre part, les résultats acquis dans ce travail mettent en évidence des différences notables dans l'action des divers types de couronne sur le recrû et la conservation du sol. Il restera donc à trouver jusqu'à quel point le maintien d'un clone à couvert léger compensera l'augmentation des frais d'entretien, par un meilleur équilibre du complexe végétal-sol et, en conséquence, d'une productivité accrue des hévéas.

Ainsi, le sélectionneur peut être amené à reviser ses principes de sélection qui consistaient à baser le choix des arbres-mères sur les seuls critères de haute productivité et de régularité. La densité et la morphologie de la couronne qui étaient jusqu'à présent considérés comme caractères secondaires, pourraient être élevées au rang de caractères primaires ou essentiels, au même degré que la haute productivité, par les conclusions de recherches ultérieures.

En supposant que ces conclusions amènent à considérer la couronne légère comme assurant le maximum d'avantages, tant sous l'angle de la rentabilité que de la conservation du sol, il restera possible d'utiliser d'excellents clones à couvert dense (tels Tj 1, Tj 16, M8) par un dispositif de plantation adéquat.

Pour ces clones, la plantation en lignes équidistantes pourrait être abandonnée et remplacée par la plantation en lignes couplées.

Celle-ci assurerait une densité suffisante à l'hectare et un large interligne (de 10 à 15 m.) permettant une croissance plus vigoureuse du recrû naturel.

Parmi d'autres avantages, ce système de plantation permet le rajeunissement d'une plantation sans arrêt de production. Il suffit, en effet, de planter de nouveaux couples de jeunes hévéas dans les interlignes qui subsistent entre les couples de la vieille plantation, trois ou quatre ans avant la limite d'exploitabilité de la première plantation. L'abandon de celle-ci et la mise en saignée des remplaçants se réalisent pratiquement sans heurts.

C'est pour nous un agréable devoir de remercier en terminant tous ceux qui nous ont aidé dans le travail sur le terrain, notamment MM. MAERTENS et BURTON, adjoints à la Division de l'Hevea, ainsi que M. HENKÈS, adjoint à la Division de Climatologie de l'I.N.E.A.C

RESUME ET CONCLUSIONS

1. Cette note étudie comparativement les microclimats de douze clones d'Hevea plantés selon une modalité de la *forestry method* dans un même bloc expérimental situé à Yangambi (0° 49' N., 24° 29' E., 500 m) et cherche à établir les influences de ces micro climats sur le recrû forestier naturel.

2. Les mesures d'éclairement sous le couvert des clones, accomplies avec un luxmètre de Lange, montrent que l'éclairement relatif incident sur le recrû varie de 1,2 à 21,8 % pour les clones à couvert extrême M4 et Y284/69. Ces variations entraînent des fluctuations importantes dans les poids secs de la matière organique restituée au sol par le recépage d'entretien du recrû à 0.70 m.

3. Des mesures sur les éléments écoclimatiques, température, tension de vapeur et déficit de saturation, vitesse du vent et pouvoir évaporant de l'atmosphère, ont été accomplies principalement sous le couvert des clones extrêmes Y 284/69 et M4 et rapportées aux observations effectuées à découvert et sous la forêt primitive. Ces recherches n'ont pu mettre en évidence des différences microclimatiques notables entre les deux clones étudiés.

4. L'humidité du sol mesurée de 0 à 1 m. 50 en profondeur est maximum sous le recrû très abondant du clone Y284/69 à couvert le plus clair.

5 Les courbes de variation des poids secs du recrû naturel en fonction de l'éclairement relatif permettent de généraliser la loi de la relativité de l'assimilation de LUNDEGARDH pour un groupement végétal tel qu'un recrû forestier naturel.

6. En conclusion du travail, on précise la nature des recherches plus approfondies à entreprendre ultérieurement afin de décider des avantages écologiques de certains types de clones à couronne déterminée, avantages qui auront leur répercussion sur la production des hévéas. L'orientation nouvelle de la sélection vers ces types de couronne serait à envisager.

BIBLIOGRAPHIE

1945. BERNARD, E. — *Le climat écologique de la cuvette centrale congolaise.* Publ. INEAC, Bruxelles, 240 pages.

1934. CARTER, G. S. — *Reports of the Cambridge Expedition to British Guinea 1933. Illumination in the rain forest at ground level* — Journal Linnean Society (Zoology), vol. XXXVIII, pp 579-589.

1933. DAVIS, T. A. W. and RICHARDS, P. W. — *The vegetation of Moraballi Creek, British Guinea . an ecological study of a limited area of tropical rain forest.* — Part I. The Journal of Ecology, vol. XXI, pp. 350-384

1942. EIDMAN, H — *Der tropische Regenwald als Lebensraum* Kolonial-forst. Mitt V, pp. 9-147

1939 EVANS, G. C. — *Ecological studies on the rain forest of Southern Nigeria; II The atmospheric environmental conditions* The Journal of Ecology, vol. XXVII, pp. 436-482.

1942. HAINES, W B. — *A method for foliage comparisons in field experiments with Hevea* The Empire Journal of Experimental Agriculture, vol. X, n° 38, pp. 117-124.

1930 LUNDEGARDH, H — *Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben*, Zweite auf, Jena, 480 p.

1947. PAULIAN, R — *Observations écologiques en forêt de Basse-Côte d'Ivoire.* Encycl. Biogéogr. et écol, II, Lechevalier, Paris, 146 p

1932 R R I. — *The forestry system of rubber planting.* Rubber Research Institute of Malaya, vol. IV, n°s 1, 2, pp. 54-64.

GROUPE IV.

Vocation Agricole des Terres

Land Use

Liste des communications

Notice pédologique sur la culture du Cacaoyer au Congo belge

par

J. CROEGAERT

Assistant à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C.

I. — EXIGENCES EDAPHIQUES.

Le cacaoyer est une plante exigeante vis-à-vis du sol. Baeyens la place, dans son échelle de fertilité du Bas-Congo, comme plante demandant les sols les meilleurs et les mieux exposés. Hardy et ses collaborateurs, d'autre part, mettent en lumière, pour les conditions des « Indes Occidentales », l'île de la Trinité en particulier, la nécessité de n'employer que les meilleurs terrains.

En poursuivant les recherches sur les cacaoyères de la côte africaine (Côte de l'Or, Nigérie), il ne fait que renforcer ses conclusions.

Baeyens donne pour le Bas-Congo les normes de fertilité suivantes :

Cacaoyers	Argile %	pH	Bases échangeables M.E /100 g.	P_2O_5 assim. mg/100 g
Très bons	20-50	6.5-7.5	8-15	1.0-1.5
Bons	20-50	6.0-6.5	5- 8	0.6-1.0
Médiocres	0-20	5.0-6.0	3- 5	0.3-0.6
Mauvais	0-10	4.0-5.0	0- 3	0 -0.3

* * *

D'autre part, des résultats obtenus à la Division d'Agrologie de l'I.N.E.A.C. se dégagent les données suivantes :

Lieu	Cacaoyers	Argile %	pH	Bases échang. M.E/100 g	P_2O_5 assim. mg/100 g.
Env. de Banalia :	Beaux	(1)	6.0-8.0	3.0-8.0	2.0-6.0
	Irréguliers	20-35	4.5-5.0	1.0-2.0	1.0-2.0
Yangambi :	Médiocres	25-35	4.0-4.5	0.2-0.5	0.5-1.5
Barumbu :	Moyens	25-35	4.5-5.0	0.5-1.0	1.0-3.0
Ubangi :	Sol sablo-argileux	20-25	4.5-5.0	0.5-1.0	0.5-1.5
	Sol argilo-sablonn.	30-45	5.0-6.0	1.5-2.0	0.5-1.5

(1) Concrétions depuis la surface.

Ces données expliquent l'irrégularité des plantations de cacaoyers au Congo belge. Le cacaoyer est, d'une part, une plante exigeante et, d'autre part, la richesse chimique des sols de la Cuvette est moyenne.

II. — EXIGENCES CLIMATIQUES.

Le cacaoyer réagit également au climat, mais les données de la littérature sont assez divergentes. Les auteurs admettent en général qu'il faut environ 1,500 mm. d'eau par an. L'accord n'est plus complet quant à la distribution au cours de l'année.

Selon les données de l'île de la Trinité une saison sèche marquée est un facteur de réussite; cette saison permet un certain hivernage à la plante. Ce repos lui serait salutaire. La pratique a cependant appris qu'au Congo belge une saison sèche trop marquée occasionne de grands dégâts. Les données pour la plantation de Lukolela (district de la Tshuapa) indiquent une forte diminution de production l'année qui suit une saison sèche plus marquée.

En 1942, la chute de pluies lors des mois secs de juin et juillet ne fut que de 19 mm. La production de l'exercice 1942-1943 tomba à 50 %. Beaucoup de plantes durent être remplacées, ce qui empêcha de revenir rapidement au plafond normal.

III. — LES POSSIBILITES CULTURALES AU CONGO BELGE.

Si l'on n'envisage que ces deux facteurs : sol et climat, on limite déjà en partie le problème.

Les régions du Congo où les chutes de pluie n'atteignent pas 1,500 mm et celles ayant une saison sèche de 2-3 mois, sont moins aptes à une culture lucrative du cacaoyer. Il faut en excepter les sites favorables qu'on rencontre par endroits : fonds de vallées avec irrigation souterraine naturelle ou emplacements irrigables. Dans cet ordre d'idées, il faut aussi souligner que des sols, pédologiquement très favorables, peuvent entrer en ligne de compte si l'irrigation en est possible. Le facteur limitatif sera le coût de l'installation. Ce problème dépasse le cadre de cette notice.

Dans les régions intéressantes au point de vue climat, il faut se limiter à ces types de sols qui permettent une exploitation rationnelle et durable du cacaoyer.

Les normes pédologiques ont été mises en relief par Baeyens pour le Bas-Congo. Quelques remarques relatives à certains sols de la province de Coquilhatville suivent ci-après.

IV. — NORMES PEDOLOGIQUES DES CACAOYERS DES DISTRICTS DE LA TSHUAPA ET DE L'UBANGI.

Lors d'une mission pédologique effectuée en 1946, plusieurs cacaoyères ont été prospectées dans les districts de la Tshuapa et de l'Ubangi.

Le sol de ces régions dérive des couches géologiques de la Busira, dépôts alluvionnaires relativement récents. Ces dépôts sont de nature assez hétérogène. On rencontre des plateaux très argileux et d'autres fort sablonneux. D'autre part, nous avons relevé en divers endroits du district de l'Ubangi des lentilles de terre nettement plus rouge et généralement plus riche. Ce type prédomine dans le Nord en région de savane.

Pour autant que nous puissions nous baser sur les rendements annuels à l'hectare ou, à défaut, sur l'état végétatif, les conclusions pédologiques quant à l'échelle de fertilité du cacaoyer peuvent être résumées comme suit :

A) Les plus belles cacaoyères sont installées sur un profil argileux, ocre jaune à ocre brun, à concrétions à partir de 40-70 cm de profondeur et chimiquement bien pourvu.

On peut déterminer de la manière suivante les caractéristiques physiques et chimiques :

Eléments fins (0 à 0.02 mm)	50 à 65 % de surface			
	60 à 90 % en profondeur			
Concrétions (plus grosses que 2 mm)	50 à 70 % en profondeur.			
pH 4.5 à 5.5.				
Bases échangeables	3.5 à 8.0 M.E./100 g	extrait	HCL	N/20
R_2O_3	1.0 à 3.0 M.E./100 g	»	»	N/20
P_2O_5	1.0 à 3.0 mg /100 g	»	H_2SO_4	N/20

Nous avons relevé ces profils dans la plantation de Lukolela.

Il faut souligner que ces terres ont une excellente structure, malgré leur taux élevé en éléments fins. La présence de concrétions améliore sensiblement le régime en eau et air de ces profils. On les rencontre par endroits le long du fleuve ou des grandes rivières sur des terrasses relativement récentes. Ces terres, à un certain point de vue exceptionnelles, ne se rencontrent que par endroits et semblent peu étendues.

B) Des cacaoyères qui donnent encore des rendements intéressants sont installées sur un profil légèrement moins beau, argileux ocre jaune ou ocre brun, éventuellement à concrétions et à constantes chimiques moins élevées.

Les caractéristiques physiques et chimiques sont les suivantes :

Eléments fins :	45 à 60 % en surface
	60 à 70 % en profondeur

Concrétions :	absentes jusqu'à 1 m à 1 m 50 ou 60 à 70 % en profondeur
pH	4.2 à 4.5
Bases échangeables	1.5 à 3.0 M.E./100 g
R_2O_3	2.0 à 3.5 M.E./100 g
P_2O_5	0.6 à 1.5 mg/ 100 g

Ces profils ont également été prélevés à Lukolela. Ils présentent un taux élevé en éléments fins, mais leur structure est moins belle et plus tassée. Les constantes chimiques sont moins élevées.

Des profils analogues ont également été prélevés• dans les environs, mais les teneurs en éléments fins et les constantes chimiques y étaient encore plus basses. Les cacaoyers y étaient aussi moins beaux et demandaient beaucoup plus de soins culturaux. Les remplacements y sont plus fréquents et la production moins élevée. Certains de ces blocs occasionnant des frais d'entretien trop élevés, furent affectés à des cultures de café ou d'hévéa, moins exigeantes.

C) De vieilles cacaoyères de bel aspect se rencontrent le long des cours d'eau, sur un profil argilo-sablonneux, ocre jaune, à belle structure et à constantes chimiques plutôt élevées.

Les caractéristiques physiques et chimiques peuvent être résumées comme suit :

Eléments fins :	25 à 40 % en surface
	32 à 45 % en profondeur

Concrétions généralement absentes jusqu'à 1 m 50.

pH	4.5 à 5.5
Bases échangeables	1.5 à 6.0 M.E./100 g
R_2O_3	2.5 à 4.0 M.E./100 g
P_2O_5	3.0 à 6.0 exceptionnellement 12.0 mg/100 g

Ces profils ont été prélevés le long de quelques cours d'eau du district de la Tshuapa, sur des terrasses relativement récentes. Il s'agit de vieilles cacaoyères de bel aspect ou de cacaoyères abandonnées lors des années de crise (1930-1933) mais qui présentent encore des caractères intéressants. Ces terres sont plus légères mais jouissent d'un bon régime d'eau grâce à l'irrigation naturelle souterraine. Remarquons également que les constantes chimiques sont relativement élevées.

D) On rencontre des cacaoyères d'assez belle venue sur certaines lentilles de sol rouge de l'Ubangi. Il s'agit en général d'un profil argilo-sablonneux, ocre rouge à rouge, profond et à belle structure, à constantes chimiques cependant peu élevées.

Les caractéristiques physiques et chimiques peuvent être résumées comme suit :

Eléments fins :	30 à 40 % en surface
	40 à 50 % en profondeur
Concrétions :	absentes, si ce n'est à grandes profondeurs.
pH	3.8 à 4.2
Bases échangeables	1.9 à 2.5 M.E./100 g
R_2O_3	1.5 à 3.0 M.E./100 g
P_2O_5	0.6 à 1.5 mg/ 100 g

Ces profils ont été prélevés le long de l'axe Lisala-Bongabo, entre autres à Bosu-Mandji, Bongabo et environs, ainsi qu'à Boyange et Yambata.

E) D'autres lentilles de sol rouge, mais plus sablonneux portent quelques cacaoyères dont certaines ont assez bon aspect. Elles reposent sur un profil sablo-argileux, ocre rouge à rouge, profond et à belle structure, à constantes chimiques peu élevées.

Les caractéristiques physiques et chimiques sont les suivantes :

Eléments fins :	18 à 25 %
Concrétions :	absentes
pH	4.0 à 5.0
Bases échangeables	0.6 à 1.5 M.E./100 g
R_2O_3	1.0 à 1.5 M.E./100 g
P_2O_5	0.5 à 1.0 mg/ 100 g

Ces profils ont été prélevés principalement dans le Nord et dans l'Ouest de l'Ubangi, notamment à Bomenenge, Yakamba, Baya, Yambata et Mobwasa.

Pour ces deux derniers cas, lentilles de sol rouge de l'Ubangi, quelques réserves s'imposent. Ces sols se détachent sur le type ocre jaune, qui domine dans la majeure partie de l'Ubangi-Nord. Pédologiquement, ils sont meilleurs, mais ne valent cependant pas les bons types de sols de la Tshuapa. Lors de la mise en culture il faut prendre toutes les précautions de conservation du sol et continuer à maintenir une bonne fertilité grâce à des soins culturaux appropriés.

CONCLUSIONS.

Les possibilités culturales du cacaoyer sont régies par une série de facteurs dont les deux principaux sont le sol et le climat. D'autres facteurs agricoles entrent également en ligne de compte, parmi lesquels le facteur biologique. Le cacaoyer est une plante de sous-bois des forêts denses et demande de l'ombrage. Ce point est particulièrement important pour la jeune plante.

Dans le cas de plantation sous forêt, certaines essences, plantes-hôtes d'insectes déprédateurs, sont à éliminer, tandis que certaines

autres sont à introduire. Des essais d'enrichissement par *Terminalia superba* ont donné de bons résultats.

D'autre part, on rencontre des cacaoyères de belle venue sous forêt secondaire riche en Parasoliers (*Musanga Smithii*).

Du point de vue pédologique, ces sols sont chimiquement bien pourvus et souvent à très belle structure, mais cet état avantageux n'est pas très stable; aussi est-il indiqué de prendre de nombreuses mesures de conservation du sol, entre autres, en le dénudant le moins possible. Il faut aussi remarquer qu'après quelques années ces parasoliers s'abattent et peuvent occasionner des dégâts, sans oublier qu'en même temps l'ombrage est fortement diminué.

COMMUNICATION N° 11.

La mise en valeur des terrains soumis aux crues des rivières

par

J.-E. OPSOMER,
Professeur à l'Université de Louvain.

Sous ce titre, nous avons publié en 1942, dans le Bulletin Agricole du Congo Belge (volume XXXIII, 4; pages 445-458), une note décrivant deux modes de culture du riz pratiqués en Extrême-Orient : la culture en « lebak » et la culture du riz flottant. Nous en donnons ci-dessous un résumé.

L'intérêt de ces cultures réside dans le fait qu'elles permettent d'utiliser des terrains sans emploi jusqu'à présent, mais qui ont le grand avantage d'être fertilisés, dans une certaine mesure, par les inondations annuelles. Dans une politique de conservation des sols, l'utilisation des terrains soumis aux crues des rivières permettrait de réduire l'étendue des autres terrains défrichés en vue des cultures, donc la mise en réserve, ce qui constitue certes la méthode de conservation la plus efficace.

Ces dernières années, on a commencé au Congo Belge des essais de culture sur les îles du fleuve Congo. Toutefois ces cultures sont assez aléatoires, étant exposées à des crues imprévues ou d'intensité anormale. Il serait donc très important de rechercher les terrains qui, par leur situation, sont protégés naturellement ou qui peuvent l'être, moyennant quelques travaux peu coûteux, contre un retour imprévu des eaux. Il faudrait prospecter les vastes étendues de terrains inondés de la cuvette congolaise, pour déterminer ceux qui peuvent se prêter à la culture, en faire le levé, y faire des observations sur le régime des crues et décrues et des essais de culture.

Annexes. — *Culture du riz en « lebak ».* — Ce mode de culture est propre à certains terrains, nommés « lebaks », de la Résidence de Palembang, dans le sud de Sumatra. Une « lebak » est une dépression située en bordure d'une rivière et connectée avec celle-ci, s'inondant annuellement à la mousson des pluies et s'asséchant lentement en mousson sèche. En barrant, au moment opportun, le chenal de connexion il est possible au besoin de régler le niveau de l'eau dans la « lebak ». A l'origine, les « lebaks » étaient couvertes de forêt. Ce sont donc d'anciennes forêts inondées, comme il en existe beaucoup au Congo.

Les opérations de la culture sont réglées d'après le niveau des eaux. On prépare les « lebaks » à la fin de la saison des pluies; cette préparation consistant à couper et écarter herbes et plantes aquatiques, puis à arracher racines et restes de plantes. Il n'y a pas et il ne pourrait d'ailleurs pas y avoir de labour. Le travail se réduit donc à peu de chose. La culture a lieu en saison sèche. On établit des pépinières, pendant la période de préparation des « lebaks ». Cette époque dépend du rythme habituel de décrue. En effet, la transplantation a lieu quand le niveau n'est plus que de 40-45 cm. On sème en pépinière 70-80 jours avant ce moment, les plants étant repiqués deux fois : une fois en pepinière de repiquage (pour laquelle on utilise les bordures déjà partiellement asséchées des « lebaks ») et une fois sur champ. Les « lebaks » ne demandent pratiquement aucun entretien. La récolte a lieu 95-100 jours après le repiquage définitif. Les variétés cultivées en « lebaks » ont ainsi une végétation de 160-180 jours. Les rendements sont très élevés, oscillant entre 2.000 et 5.000 kg. de paddy sec à l'hectare.

Très souvent, la culture du riz en « lebaks » est combinée avec l'élevage de poissons.

Culture du riz flottant. — Cette culture se pratique au Bengale, en Birmanie, au Siam et en Indochine. D'après les régions, le niveau atteint par les eaux varie entre 2 et 6 mètres. Les mêmes variétés ne conviennent toutefois pas aux diverses profondeurs. Pour convenir à la culture du riz flottant, il faut que le terrain subisse des crues lentes (5-8 cm. par jour) et que le courant soit faible.

Souvent le terrain n'est pas labouré, quoique ici rien ne s'y oppose. On sème en place au moment où le terrain est à sec, et il faut que les plants aient une hauteur de 30-40 cm. avant le début de la crue. Normalement, la récolte a lieu après que les eaux se sont retirées, mais pour certaines variétés précoces on doit récolter en pirogue.

Généralement, les riz flottants sont de qualité inférieure. On ne les a d'ailleurs pas encore améliorés. Ils ne conviennent donc pas pour l'exportation. Ils sont généralement tardifs : 170-185 jours pour les variétés considérées comme précoces, 200-215 jours pour les variétés tardives. La production moyenne, au Bengale, est de 1.700 kg de paddy à l'hectare.

Autres cultures pour terrains inondés périodiquement. — En dehors des deux modes d'utilisation décrits ci-dessus, on peut en concevoir un autre encore, d'ailleurs appliqué déjà en certaines régions de la Colonie et en d'autres pays. C'est la culture de plantes diverses en dehors de la période d'inondation, au moment où le sol est partiellement ou complètement asséché. Plusieurs espèces peuvent se prêter à ce mode de culture : le riz sec, le manioc « précoce » (p. ex. le manioc de six mois des Indigènes de l'Ubangi), l'igname, certaines variétés de colocases et toutes les cultures à courte durée végétative . haricots, maïs, arachides, etc. Les deux dernières exigent un sol complètement asséché. Enfin, certaines espèces ou variétés nouvelles pourraient faire l'objet d'essais : p. ex. certains maniocs du Venezuela qui se cultiveraient sur sols marécageux et pourraient se récolter après trois mois de culture seulement.

Les possibilités d'utilisation des terrains soumis aux crues des rivières sont multiples. Il en est certainement une ou plusieurs qui pourraient s'appliquer au Congo. Dans certains cas, il serait peut-être possible d'utiliser le même terrain, en saison des pluies et en saison sèche. Le système des « lebaks » paraît le plus parfait, mais il est d'application assez délicate, car il exige un régime très régulier. La culture du riz flottant offre probablement plus de possibilités, la plupart des rivières présentant des crues suffisamment accentuées et prolongées. Enfin, la culture de diverses espèces autres que le riz semble présenter très peu de difficultés.

Contribution à l'étude de la conservation du sol au Congo belge

par

J. DU BOIS,
Ingénieur agronome.

Les causes de la dégradation du sol au Congo sont bien connues.

En effet, la température élevée et les pluies intenses provoquent la décomposition précipitée de la matière organique et, par conséquent, une minéralisation rapide, production équivalente de CO_2, réaction acide du sol, destruction de la structure par peptisation, dispersion et lixiviation des colloïdes et des bases, et enfin mauvaise économic en eau du sol, pour ne citer que les causes principales.

Les moyens pour y remédier sont : la lutte contre l'érosion, la protection contre la chaleur et l'enfouissement des fumures organiques, mélangées éventuellement d'engrais minéraux.

Ces moyens furent appliqués un peu partout, parfois avec un succès relatif, mais bien plus souvent avec un résultat réduit ou même négatif.

L'expérience la plus intéressante est sans doute celle effectuée à Mahagi par le collègue DE CRAENE et publiée par le C.E.P.S.I. à Elisabethville.

La conclusion logique de l'expérience, telle qu'elle a été conduite, est que la terre doit être régénérée par une jachère de longue durée après trois années d'exploitation, même malgré l'adjonction de quantités importantes de fumier.

On constate donc que la fumure organique a eu comme effet d'augmenter probablement le rendement des cultures, mais qu'elle n'a nullement contribué à conserver la fertilité du sol.

Afin de mieux étayer les observations que soulève l'essai effectué par M. DE CRAENE, il n'est pas superflu de résumer brièvement les caractéristiques de la terre en question.

1) Composition mécanique : particules argileuses, en moyenne environ 50 et plus %; sable fin (0.002 à 0.2 mm.) + 15 %; gros sable (0.2 à 2 mm.) ± 35 %, soit prédominance d'argile et de gros sable.

2) Porosité : moyenne ± 42 %.

3) Eau statique : + 28. L'eau hygroscopique ne semble pas toujours en rapport avec la teneur en matière colloïdale minérale, ce qui semble surprenant, à moins que l'argile soit de composition variable.

L'eau utile : ± 20 %. Cette teneur est excellente si elle persiste en saison sèche.

4) Matière organique : dans la couche arable la teneur est de 2 à 2.50 % et même plus.

5) Bases échangeables : 3 à 2 M.E. et même moins. La valeur de γ_1 et γ_2 est presque toujours à peu près identique, ce qui prouve que les bases sont fixées (valeur QS minima). La valeur T ou capacité d'adsorption totale du complexe adsorbant aurait pu donner des indications très intéressantes.

6) P_2O_5 : réserve peu importante.

7) pH : 4,5 à 5,2; ce degré d'acidité ne peut pas surprendre vu la faible teneur en bases. Puisque à pH = 7, le complexe retient pour environ 50 % de sa capacité des ions H, on peut se figurer que le complexe est fortement insaturé et que la quantité de cations mis à la disposition des plantes doit provenir presque exclusivement de l'humus détruit. Un chaulage et épandage de cendres aurait fait le plus grand bien.

En possession de ces caractéristiques, il eut été possible de multiplier les expériences portant en ordre principal sur l'évolution de la structure du sol, de la porosité, de l'économie en eau, de la teneur en bases et matières organiques, tout en variant les méthodes culturales.

Ces essais multiples auraient demandé évidemment du temps et de l'argent et ne peuvent donc normalement être effectués par un colon, même quand il s'agit de préserver son propre capital.

Il est cependant regrettable qu'un champ d'expérience aussi étendu n'ait pas été plus largement exploité.

Les moyens d'action de M. DE CRAENE à Mahagi ont été plus énergiques que ceux mis en œuvre en agriculture indigène.

Il a appliqué un labour profond et fortement aéré le sol, d'où perte intense en humus, compensée en minime partie par un apport en fumier. Il a combattu l'érosion horizontale et accentué du même coup le lessivage des colloïdes et des sels biogènes et, par voie de conséquence, la stérilisation du sol.

Le résultat est identique à celui obtenu par l'indigène, c'est-à-dire qu'il faut recourir à une jachère prolongée après trois ans de cultures.

Ce qui frappe cependant le plus quand on examine les faits, c'est l'inefficacité du fumier, appliqué en doses relativement massives, en ce qui concerne la conservation de la fertilité du sol.

Il est vrai que le mot « fumier » employé est trop vague et ne permet pas de juger de sa valeur ni comme fertilisant chimique ni comme améliorant des propriétés physiques du sol (surtout l'économie de l'eau du sol).

Ici on pourrait soulever tout le problème du fumier artificiel tant utilisé au Kivu et si peu connu.

Il y a près de quinze ans, les colons du Kivu parlaient déjà de la méthode d'Indore et certains l'appliquaient avec des herbes et de la bouse de vache comme seules matières premières!

Certes, depuis lors, des progrès notables ont été enregistrés grâce surtout aux recherches de Beirnaert à Yangambi, dont les principales données pratiques furent vulgarisées dans le tract « Le fumier artificiel » publié par le Ministère des Colonies.

Toutefois, si nous connaissons des méthodes de préparation de fumier, destiné uniquement à assurer une alimentation immédiate des plantes, tout en évitant la carence d'azote pendant la période d'humification, nous sommes encore loin de produire un humus stable, capable de conserver la fertilité du sol.

On sait que les propriétés de l'humus, comme celles de l'argile d'ailleurs, sont très différentes et dépendent de leur composition.

En ce qui concerne l'humus, on admet que sa capacité d'adsorption sera d'autant plus grande que le groupe acide, représenté par C dans le rapport C : N sera plus important; d'où l'effet bienfaisant de la lignine.

Cependant, à côté de ce rôle physico-chimique, il faudrait tenir compte d'une autre propriété purement physique de la matière organique, c'est-à-dire son pouvoir de retenir la plus grande quantité d'eau possible.

Le fermier campinois a compris cela depuis des siècles et utilise la tourbe comme litière dans l'étable. Les contrées où ce fumier a été accumulé depuis longtemps sont toujours réputées pour leur fertilité. (« Oude akkergronden »).

Or, la tourbe ne manque pas dans les régions montagneuses de l'Est.

Il est étonnant que l'étude approfondie de l'humus au point de vue de la conservation du sol n'ait pas été entreprise. Il s'agirait de poursuivre et compléter l'étude, si magistralement entreprise par Beirnaert, non seulement dans les régions équatoriales, mais surtout dans celles à climat soudanien.

Cette étude devrait être menée de façon systématique, c'est-à-dire qu'il ne faut pas se contenter de quelques essais superficiels mais s'efforcer de connaître, autant que possible, les propriétés des matières

premières employées, ainsi que du produit obtenu après décomposition, et l'évolution du sol après incorporation.

Ce travail sera, sans doute, ardu et de longue durée, car il requiert de nombreuses déterminations et l'établissement de champs d'expériences.

Pour arriver à des résultats il faut disposer d'un personnel compétent doté d'une installation suffisamment complète. La station de Mulungu, située en plein centre de colonisation — et indigène — et disposant d'un laboratoire et de trois chimistes, pourrait, semble-t-il, utilement être chargée de ce travail.

Personne, parmi ceux qui s'occupent de l'étude du sol, ne doute des difficultés qu'elle présente et de la compétence toute spéciale qu'elle exige pour arriver à des résultats. Cependant, la possibilité d'interprétation dépend avant tout de la quantité et de la diversité des expériences réalisées par un personnel subalterne spécialement formé dans ce but.

Si la détermination des besoins en engrais présente tant de difficultés, c'est avant tout parce que les conditions de milieu, et surtout édaphiques locales, sont trop peu connues du fait de l'incompétence de ceux qui prélèvent les échantillons.

Il est donc indispensable que le chef du service pédologique puisse disposer d'agents ayant reçu une formation spéciale qui devra donc être complétée sur place.

Grâce à l'aide précieuse des Professeurs DE LEENHEER et TAVERNIER, de l'Université de Gand, les élèves de la section coloniale de l'école de Vilvorde ont pu bénéficier d'exercices pratiques, tant de prospection pédologique que de laboratoire.

Cet essai a prouvé qu'il serait possible de former, en une année de spécialisation supplémentaire, des éléments qui pourraient rendre de grands services à la Colonie.

M. le Directeur Général VAN DEN ABEELE a dit dans son allocution de clôture de la « Semaine agricole de Yangambi » :

« ...Mais nous avons dû conclure qu'il n'y a pas de panacée pour » le maintien de la fertilité des sols tropicaux.

» Le problème est complexe et requiert des solutions régionales ».

On pourrait ajouter : Pourquoi hésiter à suivre la voie tracée par BEIRNAERT, c'est-à-dire multiplier les expérimentations sur les matières organiques du sol?

Note sur la Prospection pédologique des terres à aménager dans le Delta central nigérien

par

P. VIGUIER,
Directeur Général de l'Office du Niger.

GENERALITES

Les projets d'aménagements hydrauliques du Delta central du Niger étaient primitivement basés sur des études d'ordre exclusivement topographique. Seul le nivellement décidait de la convenance ou de la non-convenance des terres à recevoir un aménagement. Si cette méthode était logique pour l'établissement des avant-projets, il est apparu à l'expérience qu'elle l'était beaucoup moins au stade des projets définitifs d'exécution. Il est, en effet, évident que l'aptitude d'un terrain donné à la spéculation agricole envisagée n'est pas uniquement et automatiquement fonction de sa situation altimétrique par rapport à la cote d'alimentation du réseau hydraulique. Au moins deux autres paramètres sont tout aussi importants : la valeur agricole des sols et leur relief de détail.

On sait que les deux grandes spéculations retenues pour la mise en valeur par l'irrigation du Delta central nigérien sont la riziculture et la culture cotonnière : en gros, Riz dans le Delta vif et Coton dans le Delta mort. Les notions de nature du sol et surtout le relief de détail revêtent une importance beaucoup plus grande pour la culture du Coton que pour celle du Riz.

En effet, le *Riz* est une plante assez peu exigeante au point de vue nature du sol et qui s'accommode de conditions assez variables au point de vue irrigation, donc d'un terrain assez bosselé. Ceci tout au moins dans le cadre des méthodes culturales actuellement appliquées dans le Delta : semis direct, levée sous l'action des pluies et mise en eau à la fin du premier mois de végétation. Il en sera tout autrement lorsque l'on voudra appliquer une mécanisation totale à la riziculture, ainsi qu'il est envisagé de le faire. Cette mécanisation

implique en effet l'adoption de la méthode des semis suivis de submersion immédiate (suppression de la végétation adventice) et, par conséquent, un planage parfait des terres.

Pour le *Coton*, une bonne planéité des terres est absolument indispensable. Infiniment plus que la valeur intrinsèque du sol, le degré de planage est déterminant des rendements. Un bosselage trop accentué, outre qu'il ne permet pas une bonne exécution des arrosages par la méthode dite « à la raie », a le gros inconvénient de créer de nombreuses collections d'eau non rattachées au système de drainage où les cotonniers s'asphyxient, alors qu'ils se dessèchent au contraire sur le sommet des bosses. Il en résulte une grande irrégularité de végétation, au détriment des rendements.

Il est donc apparu avec netteté que l'établissement des projets définitifs d'irrigation devait se baser sur des données autres qu'uniquement topographiques. C'est à partir de 1939 que l'Office du Niger est entré dans cette voie, avec l'établissement systématique de cartes pédologiques basées sur la classification vernaculaire des sols en usage chez les cultivateurs du pays. Complétées et mises au point ces dernières années, ces études ont pour but l'établissement de cartes indiquant :

— La nature du sol,

— Le relief de détail,

— La densité et la nature du tapis végétal.

Le but de la présente note est de donner un aperçu des méthodes employées pour ces études et des résultats obtenus.

FOND TOPOGRAPHIQUE

La prospection pédologique du Delta central nigérien s'est trouvée grandement facilitée, il faut en convenir, par la possibilité de l'appuyer sur le très important travail topographique effectué depuis plus de 20 ans dans cette région. Ces études topographiques sont effectuées en trois stades :

1°) Etudes de reconnaissance (carroyage de 10 × 10 km.),

2°) » complémentaires (carroyage de 1 × 1 km.),

3°) » définitives (carroyage de 200 × 100 m.).

Commencées sur le canevas des études complémentaires, les études pédologiques sont aujourd'hui effectuées de pair avec les études définitives, sous la direction d'un même chef de brigade topographique.

METHODES DE TRAVAIL

Après de nombreux essais et tâtonnements, la méthode de travail actuellement adoptée est la suivante :

Deux opérateurs (africains) accompagnés de deux chefs-manœuvres et de cinq manœuvres constituant une équipe parcourent à la chaîne et à la boussole les quatre côtés d'un carré d'un km. de côté en s'appuyant sur les bornes des études définitives dont ils notent le numéro au passage. Ils parcourent ensuite les deux diagonales du carré; la direction initiale étant prise à la boussole et prolongée par un alignement de jalons. Les opérateurs se partagent le travail : le premier note la nature du sol et le microrelief, le second la densité du boisement et la nature de la végétation.

Le travail est partagé entre les différentes équipes de façon qu'une même équipe n'effectue pas l'étude de tous les carrés voisins d'un carré donné, ce qui permet d'effectuer des recoupements par juxtaposition.

OBSERVATIONS EFFECTUEES. — NORMES RETENUES

I. — **Nature du sol :** On a adopté, pour l'établissement des différents types de sols la classification vernaculaire en usage chez les cultivateurs du pays. Basée sur l'aspect des terres, la nature des associations végétales et leur comportement en agriculture, cette classification permet d'établir empiriquement sans doute, mais avec une valabilité certaine et sans qu'il soit besoin de recourir à des spécialistes, la valeur agricole des sols, bien connue des indigènes.

1° Les *Séno*. — Sols sableux, de couleur claire, parfois colorés en rouge ou brun. Se trouvent à proximité des défluents (dépôts grossiers) où ils forment des taches plus ou moins étendues d'origine éolienne. Peuvent également provenir, lorsqu'ils sont situés sur les points hauts, de l'entraînement par le ruissellement des éléments fins des dépôts. Restent meubles en saison sèche.

Plantes caractéristiques : Pupalia lappacea, Combretum ghazalense, Guiera senegalensis, Acacia albida.

Aptitudes culturales : Pénicillaire, Arachide. A éliminer des aménagements hydrauliques,

2° *Danga*. — Sols légers, assez sablonneux (sablo-limoneux) assez fréquemment colorés en rouge (dits alors *Danga-blé)*. Restent assez compacts en saison sèche, mais ne sont jamais fissurés. Contiennent souvent des pizolithes ferrugineux, parfois des rognons calcaires. Terres généralement assez planes.

Plantes caractéristiques : Grewia bicolor, Combretum micranthum, Ziziphus jujuba.

Aptitudes culturales : Pénicillaire, Arachide, Haricot. Sous irrigation, conviennent pour le Coton et le Riz, mais s'épuisent rapidement.

3° *Danga-fing.* — Sols encore assez sablonneux (limono-sableux) mais plus compacts que les précédents, de couleur brune, allant du grisâtre au beige-noirâtre, non fissurés en saison sèche, perméables, présentant une surface plane.

Plantes caractéristiques : Balanites aegyptiaca, Acacia tortilis.

Aptitudes culturales : à la limite du Pénicillaire et du Sorgho. Sous irrigation, assez bonnes terres à Coton et à Riz.

4° *Dian.* — Sols limoneux ou limono-argileux, se fissurant légèrement après dessiccation, présentant souvent des rognons calcaires, noirâtres, compacts en surface, mais assez perméables à l'eau. Terres très planes.

Plantes caractéristiques : Acacia Seyal, Acacia arabica, nombreuses graminées.

Aptitudes culturales : Sorgho, Coton. Sous irrigation, constituent les terres à Coton par excellence.

5° *Les Dian-péré.* — Sols argilo-limoneux, compacts, bruns en surface, se craquelant profondément en polygones, généralement situés dans les bas-fonds.

Plantes caractéristiques : les mêmes que celles des terres Dian, sauf si l'eau y séjourne trop longtemps; on y rencontre alors notamment Hygrophila spinosa.

Aptitudes culturales : Riz. Ne conviennent au coton que sous réserve d'un bon drainage.

6° *Moursi.* — Sols argilo-limoneux ou argileux, très foncés, riches en matières organiques, largement fissurés, à rognons calcaires. Caractérisés par un relief de détail très tourmenté.

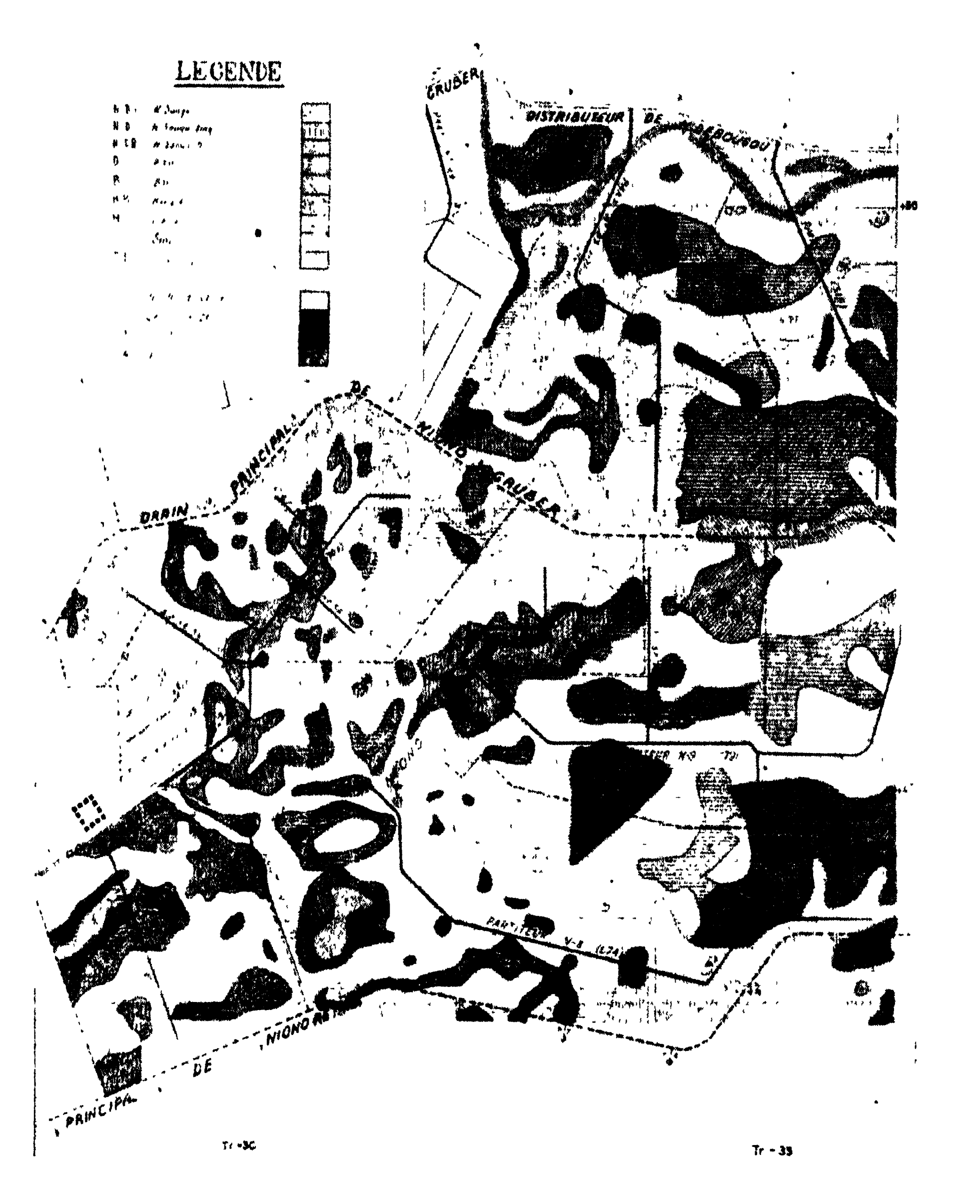
Plantes caractéristiques : nombreux Acacia épineux, Baobab dans le Kala-Inférieur.

Aptitudes culturales : Terres fertiles, mais convenant mal au Coton irrigué en raison de leur bouleversement qui nécessite un gros travail de planage. Conviennent mieux à la riziculture (non mécanisée).

Enfin, sont à classer à part :

7° *Les Boi.* — Sols assez mal définis au point de vue physique, allant du limoneux à structure grenue à l'argileux, mais ayant comme caractéristique générale d'être des terres de bas-fonds, très compactes. On distingue les *Boi-blé,* sols très rouges à taches gleyeuses, argilo-

Carte indiquant la nature des sols et leur relief de détail.



limoneux, et les *Boi-fing*, sols franchement noirs limoneux, très riches en matières organiques. Les Boi ne se fendillent pas.

Terres à Riz par excellence, qui ne se rencontrent sur de grandes surfaces que dans le delta vif du Niger.

En résumé, il existe trois grands types de sols formés à partir des dépôts du Delta central :

Les *Danga*, sols légers, sablo-limoneux,

Les *Dian*, plus argileux, très plans, excellentes terres à Coton,

Les *Moursi*, plus argileux encore, au relief très tourmenté, auxquels il faut ajouter :

Les *Boi*, terres basses surtout du delta vif, à vocation rizicole.

Entre ces principaux types existent évidemment tous les intermédiaires possibles, dont seuls les plus notables ont été retenus dans la classification arrêtée ci-dessus, bien que les indigènes sachent en distinguer beaucoup d'autres. Mais il a paru préférable de ne pas trop compliquer la besogne des opérateurs africains chargés de noter et de relever les observations. Il faut d'ailleurs reconnaître que ces derniers savent acquérir une grande sûreté de coup d'œil pour reconnaître sans hésitation ni erreur les différents types de sols.

II. — **Relief de détail :** Le terrain est noté de 1 à 4 d'après l'importance des irrégularités de surface, mesurées dans un rayon de 4 à 5 m. autour d'un point donné :

1 : Dénivellations inférieures à 25 cm.
2 : » entre 25 et 50 cm.
3 : » » 50 cm. et 1 m.
4 : » supérieures à 1 m.

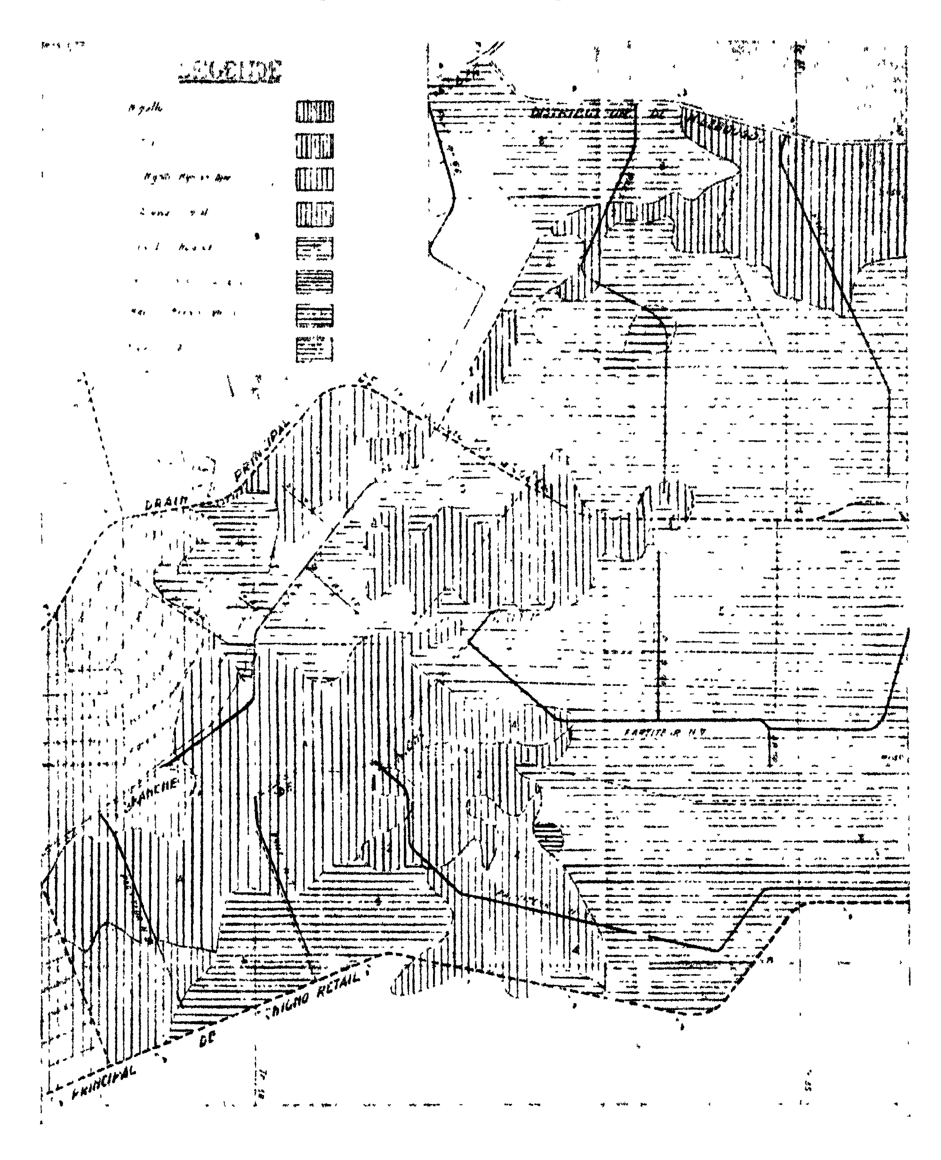
III. — **Densité et nature du tapis végétal :** Trois éléments sont notés : Densité du boisement, nature du boisement, nature des plantes annuelles.

La densité de boisement est notée d'après le nombre d'arbres à l'hectare ayant plus de 10 cm. de diamètre, selon une progression arithmétique de raison 40 :

1 : de 0 à 40 arbres
2 : de 40 à 80 »
3 : de 80 à 120 »
etc.

La nature du boisement, ainsi que celle de la végétation annuelle, est définie par la notation de la seule espèce dominante. Il n'a pas paru possible de noter les associations végétales, notion beaucoup

Carte indiquant la nature des plantes annuelles.



trop complexe et se prêtant mal aux définitions précises indispensables à la valabilité d'un travail d'ensemble, où il faut réduire autant que possible les coefficients personnels. Il a été admis en somme que l'espèce dominante caractérisait suffisamment l'association végétale, point de vue dont l'exactitude se vérifie à un degré suffisant dans la pratique.

Ainsi qu'il fallait s'y attendre, une correspondance marquée entre la nature du sol (selon la classification vernaculaire) et les associations végétales (caractérisées par l'espèce dominante) a été constatée. Mais cette correspondance n'est évidemment valable que pour une région écologique déterminée et somme toute assez limitée. Sous cette réserve, la connaissance des espèces dominantes est fort utile pour permettre de nuancer la valeur agricole des sols, à l'intérieur d'un même type de la classification vernaculaire : un « Danga » à *Pterocarpus lucens* par exemple, n'est pas tout à fait le même qu'un Danga à *Combretum micranthum*. Bien entendu, il faut tenir compte des modifications résultant de l'intervention humaine, mais à ce point de vue, le Delta central (surtout le delta mort), peu habité, présente de nets avantages.

PRESENTATION ET UTILISATION DES TRAVAUX DE PROSPECTION

Les renseignements rassemblés aboutissent à l'établissement de documents cartographiques. Dans un but de clarté, les différentes observations sont reportées sur trois documents distincts :

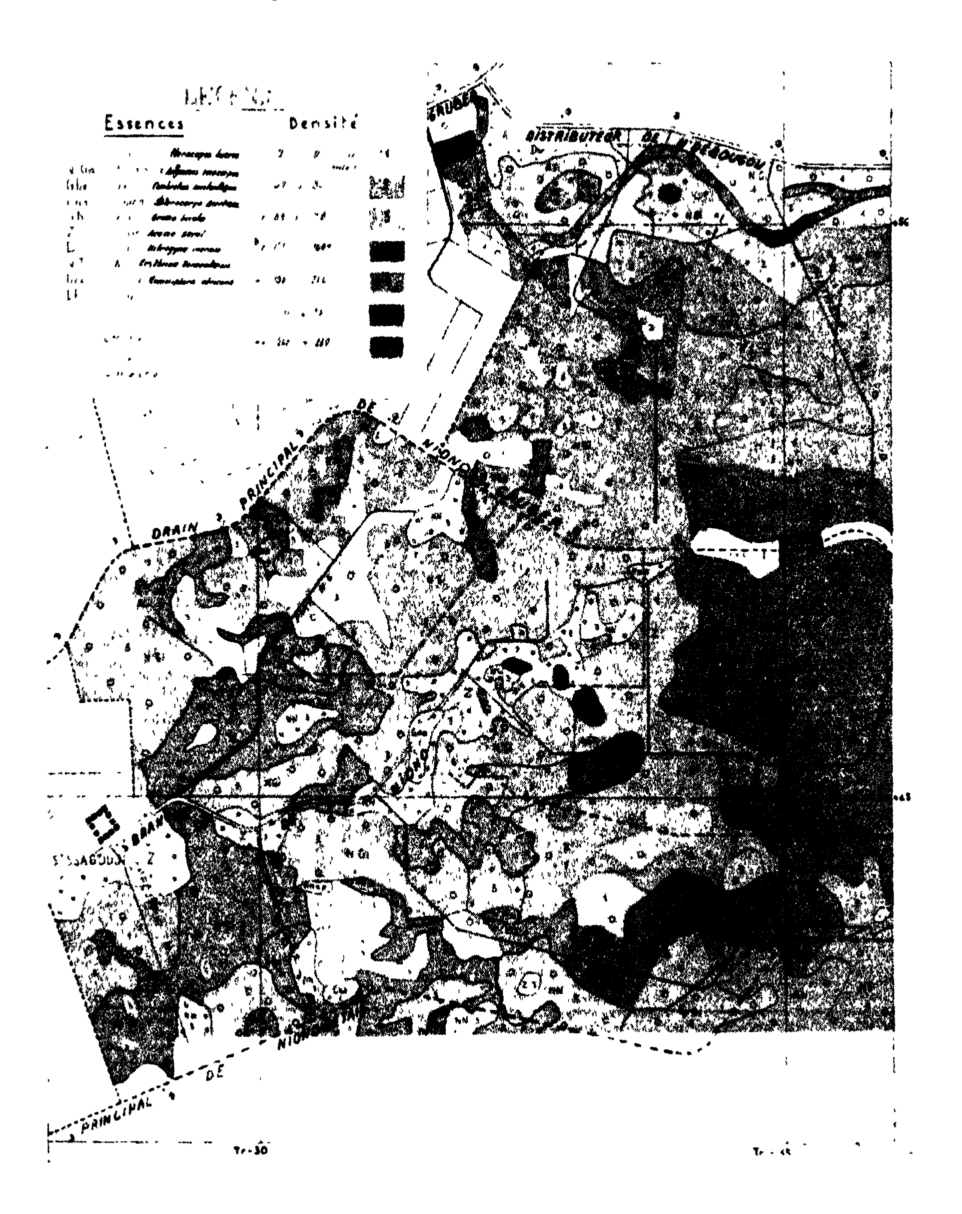
1°) Une carte indiquant la nature des sols et leur relief de détail

2°) Une carte indiquant la densité et la nature du boisement,

3°) Une carte indiquant la nature des plantes annuelles. (On trouvera joints à cette note des exemples de ces cartes, concernant un casier du Kala-Inférieur).

L'examen de ces documents est fort instructif à de nombreux points de vue. Il permet tout d'abord de se faire une idée d'ensemble de la valeur agricole des sols et d'éliminer d'office, lors de l'établissement des projets d'irrigation, tous ceux ne convenant pas à la spéculation envisagée. On évitera ainsi d'aménager à grands frais des terres qu'il faudrait ensuite ou abandonner ou rendre cultivables par des améliorations foncières trop coûteuses (planage). Au stade de l'exploitation, la connaissance des catégories de sols est également fort utile et permet d'appliquer à chacune d'elles les méthodes culturales adéquates. La carte des densités de boisement permet de déterminer les zones forestières à conserver et d'estimer l'amplitude des travaux de déboisement à prévoir. Enfin, dans certains cas, une prospection pédologique rapide, basée sur les études topographiques complémen-

Carte indiquant la densité et la nature du boisement.



taires, permettra d'éliminer certaines zones avant même d'effectuer les études définitives, toujours fort coûteuses.

Les études dont nous venons de donner un aperçu, effectuées par l'Office du Niger sur les sols du Delta central nigérien, ont un but, il est sans doute inutile de le souligner, avant tout immédiatement utilitaire. Il est bien évident qu'elles ne constituent pas le terme final de l'évolution de nos connaissances en la matière. On doit les considérer simplement comme une prospection préliminaire, dont les conclusions définitives ont besoin d'être étayées par des recherches scientifiques effectuées sur le terrain et au laboratoire. Ces études de pédologie proprement dite viennent d'être entreprises par des spécialistes de l'Office de la Recherche scientifique coloniale. Il est encore trop tôt pour indiquer les résultats de ces investigations, mais on peut déjà dire que les premières constatations ont permis de vérifier la validité d'ensemble de la documentation rassemblée selon les méthodes qui viennent d'être décrites. Le rôle des spécialistes de la pédologie sera donc surtout d'interpréter scientifiquement cette documentation et certainement aussi d'en guider l'établissement.

Indiquons pour terminer qu'à l'heure actuelle, les études de prospection des sols du Delta central ont porté sur environ 5.800 km² entre 1939 et 1945, basées en majeure partie sur des études topographiques complémentaires et sur 1.000 km² en 1947 et 1948, basées sur les études définitives et selon les méthodes exposées dans la présente note.

Contribution à l'Etude agrologique des Sols du Sénégal (Casamance exceptée)

par

S. BOUYER,
Maître de Recherches des Laboratoires des Services de l'Agriculture des Colonies.

MEMOIRE

présenté à la Conférence de Goma (Congo Belge)
pour la conservation des sols africains.
(Réf. lettre N° 162 SE/A du 4 mars 1948 de M. l'Inspecteur Général de l'Agriculture en A.O.F.)

SOMMAIRE

3) **Les facteurs** biotiques :

A. **Végétation** spontanée :

a) son rôle dans la conservation et l'amélioration des sols :

— régénération des sols dégradés du Cayor.

— aménagement rationnel des terres neuves destinées à la culture mécanique.

b) sa répartition et ses rapports avec la nature des sols.

B. **Faune.**

4) Les facteurs humains et sociaux.

5) Les facteurs édaphiques :

A. L'origine géologique.

B L'évolution pédologique :

a) rappel de l'influence des différents facteurs :

α) roche-mère :

— sa nature.

— son origine : sols autochtones et sols allochtones.

— son âge : néosols et paléosols.

β) climat :

sols zonaux

γ) végétation :

sols humifères et sols minéraux.

δ) facteurs géographiques :

sols dunaires.

sols alluvionnaires

sols d'origine marine.

ε) le facteur humain :

sols dégradés.

b) Classification agropédologique des sols du Sénégal :

α) groupes évolutifs :

sols zonaux.

sols azonaux.

sols intrazonaux.

β) classes de sols.

c) morphologie pédologique — Description des profils de quelques types de sols :

α) sols azonaux .

— s. argileux.

— s. calcaires.

β) sols intrazonaux :

— s. humifères.

— s. salins.

γ) sols zonaux :

— sols en voie d'évolution :

— s. sableux.

— s. sablo-argileux.

— s. argilo-sableux.

— Paléosols :

— s. ferrugineux.

C. Les conditions agrologiques actuelles. — Principaux types de terres arables du Sénégal :

a) classe des sols sableux : terres à arachide et à petit mil :
- répartition géographique; cartographie.
- noms vernaculaires :
  - les genres « Dior », « Dek-Dior », « Kegné-kegné », « Diéri ».
- conditions orographiques et hydrographiques.
- le facteur climatique :
  influence de la pluviosité sur les rendements en arachide.
- la végétation :
  - espèces indicatrices.
  - relevés floristiques typiques.
- Vocation culturale
  - arachide.
  - petit mil.

b) classe des sols sablo-argileux : terres à gros mil du Sénégal.
- Noms vernaculaires : les genres « Dek » - « Ban » - « Bancofing ».

c) classe des sols argilo-sableux :
- genre « Fondé » du pays Toucouleur. Terres à cotonnier et à Maïs de la vallée du fleuve Sénégal.

d) classe des sols argileux :
- *α*) sols argileux d'origine basaltique.
- *β*) genre « Holaldé » du pays Toucouleur :
  terres à rizières et à gros mil de la vallée du Sénégal.

e) classe des sols humifères :
- répartition géographique :
  - genre « Faro »
  - genre « Niaye »
- Conditions orographiques
- Vocation culturale.

f) classe des sols salins :
- genre « Tanne » du Sine-Saloum

g) classe des sols calcaires :
- genre « sûf sû nûl » (terre noire) de Sebikhotane

h) classe des sols ferrugineux dits « latéritiques » :
- genre « Niargo »

DEUXIEME PARTIE

Etudes analytiques au laboratoire.

La composition physico-chimique des sols du Sénégal.

1) La composition des terres arables :

A. Le constituant sableux :
- *a*) variations de la teneur en sables totaux.
- *b*) variation des proportions respectives de sable grossier et de sable fin.
- *c*) analyse minéralogique.
- *d*) morphologie des sables du Sénégal. Déductions quant à leur origine.

B. La fraction limon.

C. La fraction argile :
- *a*) variations du taux de l'argile.
- *b*) observations sur la composition et la structure des argiles.
- *c*) intérêt pratique de l'étude de la teneur en argile.

D. Les carbonates alcalino-terreux.

E. Le constituant organique :

a) variations de la teneur en matière organique totale.

b) remarques sur la composition chimique du constituant organique :

α) la fraction colloïdale ou humus.

β) humine, matière humique précipitable par les acides, etc...

γ) le rapport $\frac{C}{N}$

c) intérêt pratique de l'étude du constituant organique.

F. La réaction du sol :

a) étude des variations du pH.

b) intérêt pratique de l'étude du pH.

G. Le complexe absorbant et les bases échangeables :

a) étude théorique :

α) capacité de saturation T.

β) la somme S des bases échangeables

γ) le degré de saturation V.

δ) l'hydrogène échangeable T - S. Besoin en chaux.

ξ) les équilibres chimiques entre cations absorbés.

b) intérêt de l'étude du complexe absorbant au point de vue de la pratique agricole.

H Les éléments fertilisants dits « assimilables » :

a) étude statistique des teneurs en éléments assimilables

b) intérêt de cette étude au point de vue de la pratique agricole

I. Les réserves en éléments nutritifs.

J. Les sels nocifs :

a) salure maxima compatible avec la culture.

b) composition chimique des mélanges salins nocifs.

2) La composition des profils :

A. Cas des sols zonaux :

a) horizons Ao - A1 -A2.

b) existence constante d'un horizon illuvial B.

B. Cas des sols azonaux.

C. Cas des sols intrazonaux.

3) La composition des profils superficiels « horizontaux »

CONCLUSIONS.

INTRODUCTION

CONSIDERATIONS PRELIMINAIRES SUR L'ETUDE DES SOLS AU SENEGAL

« En 1822, l'Administration du Sénégal désirant faire constater la nature des terres du pays de Walo... a envoyé au Ministre de la Marine cinq caisses contenant des échantillons tirés au hasard de divers points de ce territoire...

... Désigné pour examiner ces substances, j'ai cru convenable d'analyser une terre de France reconnue bonne et qui pût me servir d'objet de comparaison... une bonne terre à froment, dite terre franche...

L'échantillon N° 3, ramassé dans un endroit nommé Diagne... est une terre pulvérulente, mobile, siliceuse...

Cent parties sont formées de :

Silice	89
Eau et humus	3,6
Oxyde de fer	3,6
Alumine	3
Carbonate de chaux	0,5
	99,7

Il est présumable que, les plaines d'où les terres les plus siliceuses sont tirées étant souvent inondées, les eaux leur ont enlevé les matières qui leur manquent et qui sont plus faciles à entraîner. Aussi ces terres sont-elles plus mobiles, moins fortes et conservent-elles moins l'humidité, il en résulte qu'elles ne peuvent servir à la même culture... »

(Extrait d'un rapport de l'Administration du Muséum d'Histoire Naturelle en date du 9 décembre 1823.)

Il semble bien que ce texte constitue le premier bulletin d'analyse connu sur les sols du Sénégal. C'est d'ailleurs tout à l'honneur des savants du Muséum d'avoir pu mettre en évidence la composition fortement sableuse de ces sols, leur grand degré de siccité et leur vocation culturale très différente de celle des terres franches, à une époque où la science agronomique était encore très peu avancée.

Le botaniste RICHARD devait d'ailleurs faire la dure expérience des possibilités culturales de ces sols, et de l'influence du climat, puisque, après avoir essayé de nombreuses cultures, il abandonna ses recherches en 1830.

En 1848, BOUET-VILLAUMEZ insiste sur les méfaits du vent d'Est, l'influence du Sahara et le peu de fertilité du sol.

L'Inspection de l'Agriculture, créée en 1898, fait procéder en 1905 à une première série d'analyses de sols de la vallée du Sénégal.

Puis les laboratoires de Hann, de l'Institut Pasteur de Dakar et celui de l'Institut d'Agronomie de Nogent-sur-Marne étudient de nombreux échantillons prélevés au Sénégal.

On possédait donc déjà, quand fut créé en 1939 le Secteur Soudanais de Recherches Agronomiques à M'Bambey, une documentation assez abondante. Le défaut de cette documentation est qu'elle ne comportait peut-être pas toujours une interprétation précise des résultats analytiques en ce sens que les chimistes étudiaient des échantillons en quelque sorte anonymes pour eux, ignorant souvent tout de la topographie et du climat des lieux de prélèvement.

Le laboratoire de chimie créé à M'Bambey en 1939 permit de remédier à cet inconvénient. Il avait pour mission l'étude systématique des sols dans les territoires septentrionaux de l'Afrique Occidentale Française :

Sénégal et Mauritanie,
Soudan et Niger,
Haute Guinée et Haute Côte d'Ivoire.

En fait, c'est surtout le Sénégal qui a été étudié : à la suite de nombreuses prospections et grâce à de nombreuses analyses, il nous a été possible de dresser un tableau d'ensemble de la structure agrologique de ce territoire et de dégager une première classification des sols. Nous avons d'ailleurs été constamment secondé par le surveillant d'agriculture MARA, qui est devenu un bon spécialiste de la chimie du sol.

Nous ne manquerons pas d'exprimer ici notre gratitude à l'égard de nos chefs qui nous ont toujours aidé et conseillé :

M. SAGOT, Inspecteur Général de l'Agriculture et créateur du Secteur Soudanais de Recherches Agronomiques, qui a guidé nos premiers pas de prospecteur;

M. RISBEC, Directeur de 1942 à 1946;

M. COLENO, Directeur actuel; et

M. BOUFFIL, Directeur de la Station Expérimentale de l'Arachide.

Nous nous sommes toujours rigoureusement imposé le plan de travail suivant :

I. — Examen sur place des conditions de milieu

C'est la prospection proprement dite, dont on connaît les conditions particulièrement pénibles en pays tropical, quand il est nécessaire de circuler à pied ou à cheval, dans le sable ou dans la forêt, sous l'harmattan ou sous la tornade; car la méthode qui consisterait à suivre une piste en véhicule automobile en n'observant que cent

ou deux cents mètres de terrains de part et d'autre, est à proscrire; souvent les routes et les pistes sont établies sur des zones de transition et les observations qu'on en pourrait tirer sont très incomplètes ou même erronées; il est nécessaire d'aller sur la dune, dans le marigot, dans la forêt; c'est là que l'on a le plus de chances de rencontrer le sol typique d'une région, avec sa végétation indicatrice; c'est ainsi que l'on pourra accumuler tous les éléments d'une cartographie précise.

Cette première phase du travail comporte les rubriques suivantes :

— *facteurs géographiques :*	latitude, orographie et topographie, hydrographie.
— *facteurs climatiques :*	pluviosité, vent.
— *facteurs biotiques :*	végétation spontanée, faune.
— *facteurs humains et sociaux :*	régime cultural, mœurs et coutumes.
— *facteurs édaphiques :*	origine géologique, évolution pédologique, conditions agrologiques actuelles.

II. — **Etude analytique au laboratoire de profils typiques de sols.**

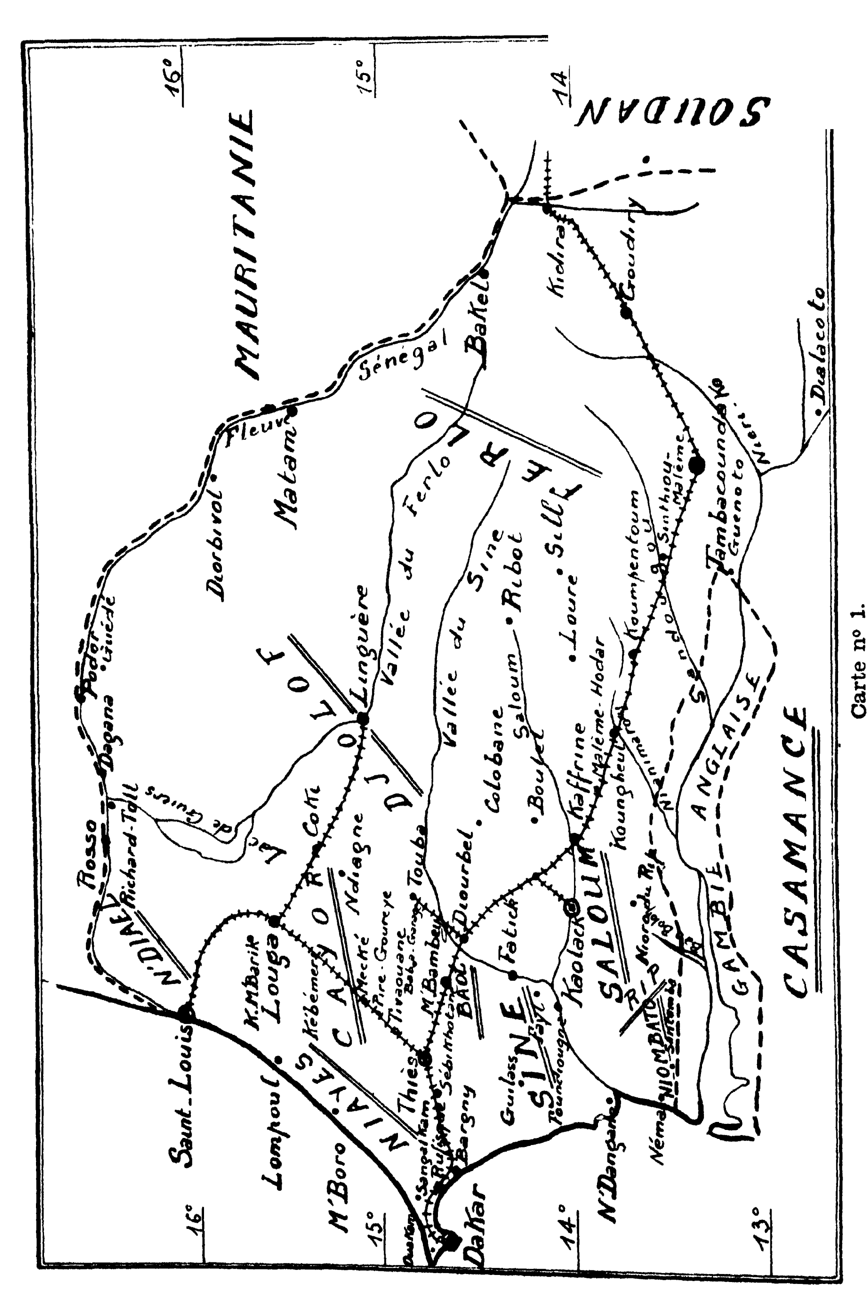
C'est la phase analytique et de mesure, succédant à la phase descriptive et d'observation. C'est le complément indispensable de la prospection; elle ne doit pas consister en une accumulation stérile de résultats d'analyse aussitôt abandonnés aux archives du laboratoire; son but est de préciser par des chiffres le degré de fertilité d'un terrain, son degré de salure, son stade d'évolution, etc., éléments que l'on avait peut-être pressentis sur place, mais jamais de façon certaine. L'analyse apporte la certitude, là où il n'y avait que présomption ou hypothèse; souvent même, elle révèle des faits qui avaient échappé à la simple observation. Ce sont les résultats analytiques qui permettent d'échafauder les théories les plus solides sur l'évolution et les propriétés d'un sol; ce n'est que par eux que la pédologie peut devenir une science précise.

III. — **Interprétation des observations faites pendant la prospection et des résultats analytiques**

C'est la phase synthétique, la plus importante. Elle permet de formuler des conclusions sur :

— la composition actuelle des sols et leur vocation culturale;
— leur classification;
— leur évolution dans le temps et les moyens de leur conserver une structure satisfaisante ou de les améliorer par la fumure.

L'ensemble de ces conclusions doit, en définitive, se concrétiser par l'établissement de cartes agrologiques ou pédologiques; bien conçues, ces cartes doivent mettre à la disposition du colon ou de l'économiste tous renseignements désirables pour la réalisation de l'exploitation rationnelle d'un territoire



Carte n° 1.
Les provinces du Sénégal.

PREMIERE PARTIE

LES CONDITIONS DE MILIEU
LA PROSPECTION AGROLOGIQUE AU SENEGAL

I. — LES FACTEURS GEOGRAPHIQUES

A. — Cette étude intéresse l'ensemble du territoire du Sénégal, moins la Casamance, c'est-à-dire les régions situées entre l'Océan à l'Ouest, le fleuve Sénégal au Nord et à l'Est, la Gambie Anglaise et le Nieri-Ko au Sud; ces régions s'étendent de 13°5 à 16°5 de latitude Nord; c'est dire qu'elles sont entièrement comprises dans la zone tropicale où les facteurs de la dynamique du sol jouent avec une grande intensité. (Carte N° 1).

B. — L'orographie est peu variée et son caractère essentiel est l'uniformité et la monotonie; on peut cependant distinguer :

— quelques collines :
gréseuses à l'Est (Boundou, au Sud de Bakel.);
calcaires (falaise de Thiès);
volcaniques (Cap Vert).

— un relief dunaire :
très net au Nord-Ouest, entre Louga et la mer;
beaucoup moins précis à l'intérieur du pays.

— des plateaux :
de grès argileux et ferrugineux à l'Est, dans le Ferlo;
sableux au centre et à l'Ouest (Sine - Saloum - Baol - Djoloff - Cayor). Ces derniers portent encore les vestiges de l'ancien relief dunaire.

— des plaines :
argileuses : delta alluvionnaire du fleuve Sénégal;

— sableuses : dépôts marins de l'embouchure du Sénégal et du Saloum;

— sablo-argileuses : alternant avec les plateaux sableux, à l'intérieur du pays.

— Quelques vallées enfin, dont la plus importante est celle du Sénégal.

La superficie occupée par les collines, les dunes et les vallées est relativement peu importante; la grosse majorité des provinces du Sénégal se présentent sous forme de plaines et de plateaux.

C. — Le réseau hydrographique comprend :

— un système en activité :

le Sénégal, puissant agent d'alluvionnement;

— **un système en déclin :**
le Saloum dans sa partie aval, où le flux marin gagne sans cesse du terrain; il en résulte la formation de sols salins;

— **un système mort :**
Ferlo;
Sine et Saloum, dans leur partie amont.

Au cours de la saison des pluies s'établit un système hydrographique temporaire, imprécis et diffus, de part et d'autre de chacun des grands réseaux cités précédemment : bras de rivières, marigots, mares qui ne durent parfois que quelques jours.

Le fleuve Sénégal mérite une mention spéciale; grâce à sa crue annuelle et aux alluvions qu'il transporte, il imprime à toute sa vallée un comportement bien particulier; c'est lui qui est à l'origine du faciès agrologique si curieux de cette région. que nous aurons l'occasion de décrire ultérieurement.

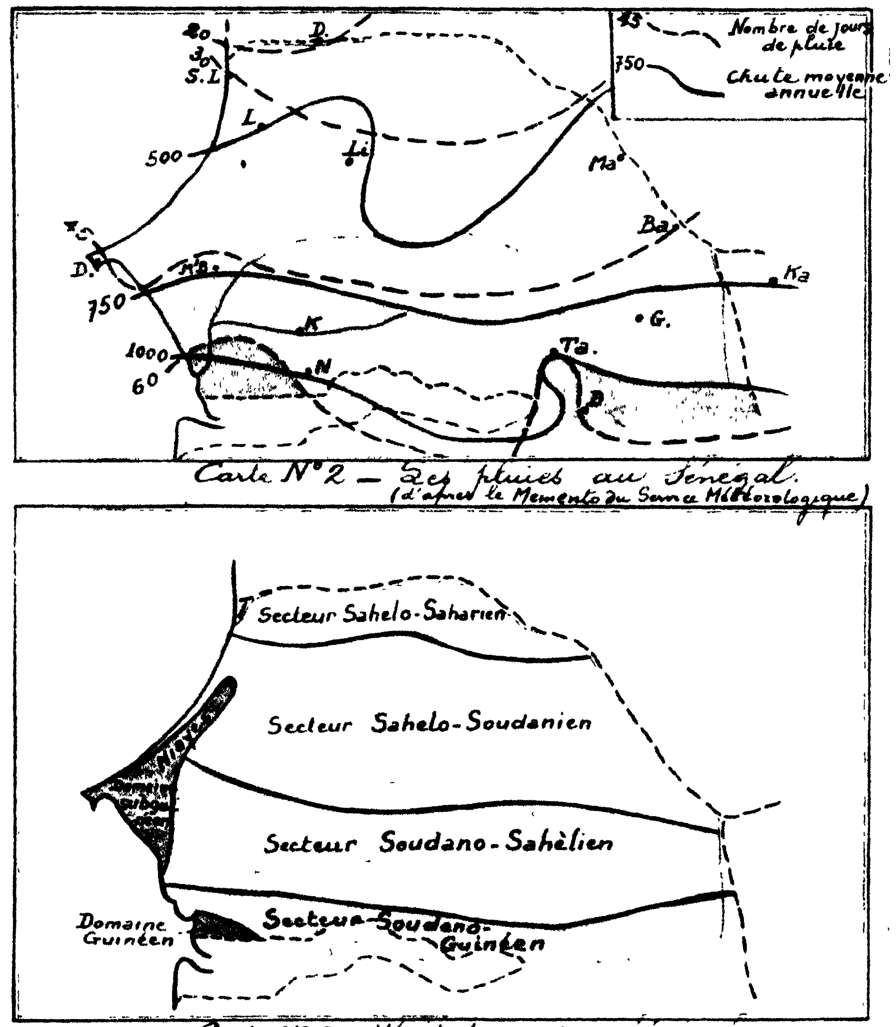
Le régime des eaux souterraines est encore assez mal connu; dans l'ensemble la nappe phréatique est profonde, souvent même trop profonde comme dans le Ferlo, fait dont les conséquences se font sentir sur le peuplement; or la densité de la population étant très faible, par suite de la difficulté d'approvisionnement en eau, les cultures sont inexistantes, le déboisement n'est pas pratiqué et l'évolution superficielle du sol par érosion est considérablement ralentie.

II. — LES FACTEURS CLIMATIQUES

A. — Les *pluies* agissent par leur répartition et par leur intensité :

a) leur répartition est caractérisée essentiellement par l'alternance d'une saison humide ou hivernage (qui va de juin à début novembre) et d'une saison très sèche (de novembre à fin mai); il en résulte théoriquement deux mouvements inverses de l'eau et des solutions du sol : mouvement descendant du fait de l'infiltration consécutive aux fortes précipitations de l'hivernage, mouvement ascendant du fait des phénomènes capillaires en saison sèche; en réalité, la composition de la roche-mère, fortement sableuse, fait que le premier phénomène l'emporte de beaucoup sur le second, et il en résulte, de façon à peu près constante, la formation dans le sous-sol d'horizons illuviaux B où s'accumulent l'argile, les bases échangeables et l'oxyde ferrique.

b) l'intensité des pluies, caractérisée par l'abondance et la violence des précipitations, détermine en même temps que l'infiltration verticale signalée précédemment, un mouvement horizontal superficiel des eaux, entraînant les éléments colloïdaux et chimiques du sol; c'est le ruissellement, phénomène plus néfaste que l'infiltration, en ce sens qu'il est irréversible : les colloïdes et les bases sont transportés des terrains hauts (dunes ou plateaux sableux) vers les dépressions; ces terrains hauts, déjà peu riches à l'origine, sont encore appauvris



Carte N° 2 — Les pluies au Sénégal.
(d'après le Memento du Service Météorologique)

Carte N° 3 — Végetation du Sénégal
(d'après Trochain)

de façon irrémédiable par l'érosion; c'est ainsi que les dunes sableuses du Cayor, déboisées et livrées à une exploitation inconsidérée depuis de longues années, se sont transformées peu à peu en de véritables sols squelettiques dont le constituant presque exclusif est le sable grossier; nous citerons plus loin des exemples chiffrés de ces « profils horizontaux » fortement dégradés.

Il resterait à effectuer des études du plus grand intérêt relativement à l'action des pluies sur les sols du Sénégal :

— détermination de la hauteur efficace, c'est-à-dire par définition la quantité de pluie qui s'infiltre réellement dans le sol; on pourrait en déduire la quantité d'eau qui va au ruissellement et avoir ainsi une valeur chiffrée de l'intensité de l'érosion pluviale.

— effet humectant de Chaptal, qui exprime la profondeur à laquelle l'eau pénètre.

— indice de drainage de Henin.

L'important est surtout de déterminer avec précision la valeur du coefficient qu'il faut introduire dans la formule de ces indices, il varie considérablement, comme on le sait, avec la nature du sol; il est évident que le coefficient à adopter pour l'étude des sols sableux du Sénégal doit être assez élevé, étant donné que l'infiltration est rapide. La détermination de ces indices agroclimatiques n'a jamais été faite à notre connaissance au Sénégal; elle apporterait cependant une utile contribution à l'étude pédologique des sols.

Enfin, le tableau I et la carte 2 indiquent la répartition des pluies en fonction de la latitude; les documents qu'ils contiennent sont tirés du Mémento du Service Météorologique de l'A.O.F.

TABLEAU I.
Pluies et température au Sénégal
(moyennes décennales 1931—1940).

Lieux	Chute de pluie en mm.	Nombre de jours de pluie	Température moyenne diurne
Saint-Louis	392,8	33,2	24°,8
Dagana	360.6	23,8	
Podor	433,5	24,1	
Louga	444,6	35,9	
Coki . .	517,2	33,3	
Dahra	536,5	37,0	
Yang-Yang .	519,7	33,9	
Linguère . . .	630,9	41,0	28°,3
Matam	572,9	34,0	
Bakel	528,3	33,3	
Dakar	575,9	45,4	25°,4
M'Bao	596,7	42,9	
Rufisque	646,9	41,5	
Thiès	647,4	38,6	
Tivaouane	631,2	40,8	
Bambey	653,7	47,0	26°,9
Diourbel . . .	677,5	47,7	
M'Backé	724,1	35,0	
M'Bour	718.4	42,4	

Lieux	Chute de pluie en mm.	Nombre de jours de pluie	Température moyenne diurne
Fatick	785,3	50,2	
Kaolack .	768,5	57,1	27°,8
Kaffrine	745,7	50,8	
Koungheul	819,4	51,8	
Maka	825,5	44,8	
Foundiougne ...	889,6	52,1	
Nioro-du-Rip ...	904,4	52,0	
Guenoto	953,4	61,8	
Tambacounda ..	1004,3	60,9	27°,8
Dialacoto . ..	1095,8	51,8	

B. — L'érosion éolienne agit d'ailleurs dans le même **sens** : l'harmattan qui souffle au sol en saison sèche, alors qu'il n'est pas refoulé vers les hautes couches de l'atmosphère par la mousson du golfe de Guinée, attaque le sol avec violence en soulevant de véritables nuages de particules terreuses : ce sont les vents de sable, bien connus au Sénégal; la configuration du pays (immenses plaines et plateaux allant d'Est en Ouest sans aucune chaîne montagneuse pouvant servir de brise-vent) et la structure poussiéreuse du sol en saison sèche, due à la faible teneur en colloïdes, favorisent d'ailleurs grandement le phénomène. AUBERT a montré qu'à la suite de cette érosion éolienne qui enlève au sol ses éléments fins, le rapport

$$\frac{\text{sable grossier}}{\text{sable fin}}$$

augmente de façon notable dans les couches superficielles.

III. — LES FACTEURS BIOTIQUES

A. — Nous insisterons surtout sur le rôle de la végétation spontanée, qui peut nous intéresser à deux points de vue :

— son rôle dans la conservation et l'amélioration des terrains;

— sa répartition qui est souvent indicatrice de la nature du sol, parfois même de son degré d'épuisement.

a) La végétation, facteur de conservation et d'amélioration du sol.

Elle ralentit l'érosion sous ses deux formes, pluviale et éolienne; la végétation herbacée entrave le ruissellement, et les arbres jouent le rôle de brise-vent. La règle de conduite qui en découle paraît très simple en théorie : conserver le maximum de végétation compatible avec les exigences de la culture. Pratiquement, la chose est moins facile; et les services agricoles se trouvent actuellement au Sénégal devant deux problèmes à résoudre :

α) mettre un terme à la dégradation des sols des provinces du Nord-Ouest, et si possible les régénérer;

β) **aménager les nouvelles cultures prévues dans les régions centrales et méridionales, de telle façon que la dégradation y soit réduite au minimum.**

α) **interdire la culture et régénérer près de un million d'hectares dans le Cayor, n'est pas, en effet, chose très simple; il sera nécessaire de procéder par tranches et ce sera une œuvre de longue haleine.**

Techniquement, plusieurs solutions sont à l'étude :

— la plus simple est la mise en défens, en laissant se développer librement la végétation spontanée; on ne sait pas exactement quels seront les résultats; de toute façon, certaines zones, particulièrement dégradées, se repeupleront difficilement.,

— reboiser artificiellement sous forme d'immenses bandes perpendiculaires à la direction du vent, qui à l'avenir serviraient de brise-vent; pour cela, on a préconisé le semis par avion. Mais le choix des essences s'avère difficile.

— semer des plantes de couverture susceptibles de résister aux rigueurs de la saison sèche et de protéger ainsi le sol à l'époque où souffle l'harmattan; là encore, le choix de la plante est très délicat, car il existe peu d'espèces capables de vivre jusqu'au mois de juin dans un sol d'une siccité extrême et en butte aux attaques constantes du vent d'Est. La solution sera peut-être trouvée par l'examen et par le choix d'une plante spontanée de la région, adaptée aux conditions xérophiles; à moins que la mise au point des recherches sur la pluie artificielle ne vienne, dans quelques années, faciliter grandement le problème, en utilisant les systèmes nuageux du « petit hivernage » qui se situe au mois de février ou mars.

— employer les engrais chimiques; certes, les sols sont appauvris en éléments fertilisants, comme le montreront ultérieurement des résultats d'analyse, mais il est fort aléatoire d'apporter des engrais très coûteux dans un terrain presque privé d'éléments colloïdaux, susceptibles de les fixer; l'opération devrait obligatoirement être doublée d'un apport organique, soit en aménageant des terrains de parcours pour les troupeaux qui y laisseraient du fumier, soit en préparant du fumier artificiel, soit en y cultivant des engrais verts.

Il y a là un vaste programme d'études agrologiques, pédologiques, botaniques et forestières qui pourrait être confié à un Centre Expérimental comme celui de Louga, dont le rôle va décliner avec le départ du Collège d'Agriculture.

Au point de vue social et politique, les difficultés ne sont pas moindres; si l'on a constaté depuis quelques années des départs volontaires vers les régions plus favorisées, il faut reconnaître que ce n'est qu'une infime minorité; l'agriculteur du Cayor, comme celui de tous les pays d'ailleurs, se résout difficilement à abandonner son champ et son village, même si ce champ est devenu improductif, même si ce village connaît la famine chaque année.

Nous avons pu constater au cours d'une tournée récente que, depuis que l'on a envisagé la mise en défens de certaines régions, le cultivateur attribue à sa terre une richesse inattendue qu'il ne lui reconnaissait pas il y a seulement cinq ou six ans.

Il serait donc nécessaire d'user d'une politique extrêmement bienveillante et rigoureusement juste : placer, par exemple, cette œuvre de reboisement sous le signe du sacrifice collectif, en demandant aux chefs de chacun des cantons intéressés de prévoir la régénération d'une partie de son territoire, tout en laissant cultiver le reste;

— faire participer l'ensemble du territoire à cette œuvre d'intérêt général, en prévoyant par exemple une ristourne des bénéfices que peuvent escompter les coopératives de culture mécanique à ces régions déshéritées;

— primes aux villages ayant fait les plus gros sacrifices de terrain;

— favoriser l'intégration des cultivateurs du Cayor au sein des coopératives du Sud du territoire.

Economiquement enfin, il n'est pas douteux que la réussite de ce projet exigera un gros effort financier de la part du Sénégal et de la Métropole.

3 — En ce qui concerne l'aménagement des blocs de culture mécanique prévus dans les provinces centrales et méridionales, on retrouve les mêmes difficultés techniques, moins accusées cependant du fait que le climat y est plus favorable : c'est ainsi que l'emploi des engrais verts et des plantes de couverture y sera plus facile, la saison des pluies étant nettement plus longue; un grave inconvénient persiste cependant : les pluies s'arrêtent généralement à l'époque de l'arrachage de l'arachide ou peu après; après l'enlèvement de la récolte, il ne reste qu'un sol desséché et nu, et ce n'est qu'à l'hivernage suivant que la végétation s'y installe de nouveau; il semble bien difficile de trouver une plante assez peu exigeante en eau pour coloniser le sol dès la récolte des arachides, en profitant tout au plus de une ou deux petites pluies du mois de novembre, il faudra sans doute se résoudre à voir le sol nu pendant six ou sept mois après chaque culture d'arachide.

Il sera alors nécessaire de prévoir des rideaux brise-vent assez hauts et assez rapprochés, sans réduire toutefois exagérément la largeur des parcelles, ce qui serait antiéconomique en culture mécanique, pour l'exécution de façons aratoires croisées par exemple; or, dans les forêts claires que l'on défriche actuellement, les arbres sont généralement de petite taille; il faudrait alors les remplacer par des brise-vent artificiels.

Indépendamment de son rôle de facteur de conservation du sol, la végétation spontanée joue un rôle améliorant :

— renouvellement permanent du stock d'humus : les forêts du Sud du territoire ont des sols plus riches en matière organique que

ceux des savanes arborées du Baol ou du Cayor; nous en citerons quelques exemples dans la deuxième partie de cet exposé.

— renouvellement du stock d'éléments chimiques fertilisants : les feuilles qui retournent au sol, les plantes annuelles qui s'y décomposent, restituent une quantité appréciable de chaux, magnésie et potasse que la plante a puisée parfois à grande profondeur.

b) **La répartition de la végétation spontanée et ses rapports avec la nature des sols.**

La nature des associations végétales, l'existence de plantes indicatrices et de plantes postculturales sont des éléments précieux de la prospection agrologique; certes, les plantes réellement indicatrices sont bien moins nombreuses que l'on a voulu parfois le laisser croire; certaines espèces arrivent à s'adapter à des sols qui ne constituent pas pour elles des conditions stationnelles optima. Inversement, dans des sols identiques, les plantes postculturales, par exemple, sont différentes suivant la pluviosité. Et il semble bien que la répartition des espèces est déterminée avant tout par le climat et secondairement par les conditions édaphiques.

La thèse de TROCHAIN : « *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal* » est un document fondamental en la matière. Cet auteur distingue essentiellement quatre secteurs de végétation au Sénégal (Carte N° 3) :

secteur sahélo-saharien au Nord,
secteur sahélo-soudanien,
secteur soudano-sahélien,
secteur soudano-guinéen au Sud,

auxquels il faut adjoindre les domaines guinéen et subguinéen, moins étendus. La répartition de ces secteurs est en relation directe avec la répartition des pluies.

Nous donnons dans la suite de cet exposé quelques exemples d'associations végétales notées sur les principaux types de sols du Sénégal.

B. — Si l'action des végétaux est prépondérante, celle des animaux n'est cependant pas négligeable :

— les termites font une grande consommation de débris organiques sur des terres qui sont déjà pauvres en humus; c'est ainsi qu'ils détruisent rapidement, au début de la saison sèche, les parties ligneuses des tiges de mil, laissées sur le sol après la récolte des épis, et qui pourraient servir de couverture au sol et l'enrichir en humus. D'autre part, ils font remonter à la surface du sol de la terre argileuse ou ferrugineuse des couches profondes et même, semble-t-il, du calcaire; il se constitue ainsi, au milieu des champs fortement sableux et dépourvus de carbonates, de nombreuses petites plages de terrains compacts et carbonatés qui rendent la terre arable très hétéro-

gène, et nuisent considérablement, en particulier, à la précision des expérimentations.

— le *Fennec* (le Vell des Ouolofs), très connu dans les terrains sableux du Sénégal, ramène également en surface la terre rouge et stérile des couches profondes, et les champs ainsi bouleversés deviennent incultivables (terres « Boydé »).

Enfin le phacochère, le chacal, les pintades, les oiseaux mange-mils divers, les rongeurs font des dégâts importants aux cultures.

IV. — LES FACTEURS HUMAINS ET SOCIAUX

Nous avons déjà suffisamment insisté sur les méfaits du déboisement, qui a été l'une des manifestations de l'activité humaine au Sénégal depuis un siècle.

Les méthodes culturales sont, en maint endroit, responsables de l'épuisement du sol :

— culture ininterrompue suivant la rotation mil-arachide-mil-arachide, etc., sans jachère, pendant de nombreuses années;
— absence totale de fumure;
— nettoyage du terrain, avant la culture, par le feu;
— façons culturales trop superficielles.

Certes, ces pratiques ne sont pas généralisées : certains cultivateurs introduisent la jachère dans leur assolement; ils ont des notions rudimentaires sur la fumure : les Sérères, par exemple, autorisent le parcage des troupeaux peulhs sur leurs champs; un peu partout l'on répand les cendres des gros arbres sur les terrains de culture; il ne semble d'ailleurs pas que ce soit une pratique excellente, car l'arachide pousse mal sur un terrain trop riche en potasse.

Il faut reconnaître cependant que, dans l'ensemble, les procédés culturaux de l'agriculteur sénégalais sont trop sommaires et souvent néfastes; et, en même temps que l'on interdira peu à peu la culture dans les provinces les plus dégradées, il sera tout aussi important de faire l'éducation du cultivateur dans les provinces encore fertiles, en lui indiquant les meilleurs moyens de conserver cette fertilité.

V. — LES FACTEURS EDAPHIQUES

Nous avons réservé pour la fin ce chapitre, très important pour notre exposé, et nous le traiterons de façon plus détaillée.

A. — L'origine géologique.

Les travaux du Service Géologique de l'A.O.F. ont accru considérablement nos connaissances sur la Géologie du Sénégal; nous extrayons des notices explicatives des Cartes Géologiques Dakar-Ouest et Dakar-Est, les documents suivants, qui rendront plus facile la compréhension de cette étude agrologique :

a) précambrien :

Une étroite bande de schistes et de quartzites existe à la limite orientale du pays, au Sud de Bakel, et parallèlement à la Falémé; l'importance de ces roches est très restreinte au point de vue agricole.

b) ère primaire :

Immédiatement à l'Est de la bande précédente, on rencontre les grès du Boundou, puis les schistes de la Falémé, datant du cambrien et du silurien; leur importance est également réduite.

c) ère secondaire :

Des formations argileuses, marneuses et calcaires, considérées comme couches de passage du Crétacé à l'Eocène affleurent: à Dakar

entre Rufisque et Sébikhotane,

au Mont Rolland,

en certains points du Baol;

dans la région de M'Bambey, elles sont situées immédiatement en dessous des sables quaternaires, à une profondeur variant de 2 à 12 mètres.

(Schéma N° 1)

Leur rôle est donc relativement peu important pour l'ensemble du Sénégal.

d) ère tertiaire :

Des formations également argileuses, marneuses et calcaires, datant de l'éocène inférieur, affleurent à la Falaise de Thiès et en divers points de la côte; elles existent en profondeur :

dans le Djolof occidental (Tiamen — Mouk-Mouk),

aux confins du Baol (Khombole — Thièpe),

aux confins du Sine-Saloum (Gossas).

Des formations calcaires d'époque lutétienne se trouvent en profondeur à l'emplacement des anciennes cuvettes marines : Djoloff — Cayor — Baol — Sine-Saloum.

Elles présentent quelques affleurements peu importants, et dans l'ensemble elles ont très peu d'influence dans la formation des sols actuels.

(Schéma N° 2)

Des grès argileux d'origine mio-pliocène occupent tout le Sénégal oriental, ainsi que l'Est et le Sud du Sine-Saloum; leur surface s'est rubéfiée en donnant naissance à une couche dure, très riche en fer, dénommée grès ferrugineux par les géologues, et appelée communément « latérite » par le profane; cette « latérite » présente de nombreux affleurements, et elle influe grandement sur le faciès agrologique de tout le Sénégal oriental.

e) ère quaternaire :

— des formations volcaniques très peu importantes (basaltes et tufs) se rencontrent dans la presqu'île du Cap-Vert.

— des alluvions fluviatiles d'âge quaternaire recouvrent toute la vallée du fleuve Sénégal et la région deltaïque du Saloum; elles jouent un rôle prépondérant dans la composition des sols actuels.

— enfin, une très importante formation de sables quaternaires, d'origine éolienne et fluviatile, recouvre presque tout le Sénégal occidental, où elle peut atteindre jusqu'à cinquante mètres d'épaisseur,

Schéma N° 1.
Coupe géologique à M'Bambey
(observée dans un puits en Janvier 1942)

0 — Terre arable sablo-argileuse (Dek)
0,50 — A1 - 0 à 0m,50 brun noir
1,75 — B1 - 0,50 à 1m,75 : jaunâtre
B2 - 1m,75 à 5m,50. argilo-sableux, jaune
5,50 — C0 - Calcaire plus ou moins décomposé
C - Calcaire compact (couches de passage du Crétacé à l'Eocène) 97 p.100 de CO^3Ca
12m — C - Calcaire à cristaux de calcite (couches de passage du Crétacé à l'Eocène) 98 p.100 de CO^3Ca
18m

Schéma N° 2
Coupe géologique à Boulel
(observée dans un puits en Avril 1948)

0 — Terre arable sableuse (Dior)
A1 - 0 à 0,20 Brun noir
0,50 — B - 0,20 à 0,60 - Rouge
Gravillons ferrugineux miopliocènes
Cuirasse ferrugineuse miopliocène ("latérite")
8m — Sable plus ou moins cimenté, à larges bandes roses
12m — Sable jaune à limonite, plus ou moins cimenté
20m — Grès siliceux jaune à limonite, avec traces de carbonates
26 — Argile schisteuse, grès bleutés.
26,5 — Calcaire lutétien, très fossilifère.

Remarque
Ces coupes sont schématiques et il ne faut pas leur attribuer une précision rigoureuse, certains renseignements sur la profondeur des couches hors ensemble nous ayant été fournis oralement par les puisatiers.

et une grande partie du Sénégal oriental où elle est moins épaisse. Pour la grosse majorité des sols du territoire, c'est cette couche de sable qui constitue la roche-mère, les marnes, calcaires et grès sous-jacents étant trop profonds pour avoir une influence notable. Ces sables se présentent sous forme d'un relief dunaire très atténué à l'intérieur du pays, sous forme de dunes vives dans les régions côtières entre Dakar et Saint-Louis.

C'est le domaine de la culture de l'arachide.

B. — **L'évolution pédologique.**

Les facteurs de la genèse et de l'évolution des sols sénégalais ont été décrits succinctement dans ce qui précède; chaque type de terrain résulte de l'action combinée de deux ou plusieurs de ces facteurs, parmi lesquels la roche-mère et le climat jouent un rôle primordial.

a) RAPPEL DE L'INFLUENCE DES DIFFERENTS FACTEURS.

α) *Roche-mère :*

Elle agit par sa nature, par son origine et par son âge.

Sa nature détermine :

— la composition physique du sol :

ex. sols sableux résultant de l'apport de grains quartzeux sur de vastes espaces au quaternaire;

— sols argileux, dus à un dépôt alluvionnaire d'éléments fins minéraux également au quaternaire (vallée du Sénégal — delta du Saloum);

— sols calcaires, résultant de la décomposition sur place des affleurements de marnes et de calcaires crétacé-éocène (région de Rufisque — Sébikhotane).

— sa richesse en éléments chimiques fertilisants :

ex. sols d'origine basaltique de la presqu'île du Cap-Vert qui sont riches en P^2O^5 — K^2O — CaO;

— terres noires de la région de Rufisque — Sébikhotane qui sont riches en CaO — MgO et P^2O^5;

— terres sableuses de la plus grande partie du territoire, qui sont pauvres en P^2O^5 — K^2O — CaO — MgO, car elles contiennent peu d'éléments colloïdaux et leur constituant sableux, qui est du quartz, est inerte au point de vue chimique.

— la rapidité de son évolution :

ex. les sols sableux évoluent rapidement : en raison de leur grande porosité, ils sont très perméables et l'eau de pluie s'infiltre facilement en entraînant vers le sous-sol : colloïdes, oxyde ferrique et bases échangeables; en raison de leur faible compacité, l'eau de ruissellement agit dans le même sens en entraînant les mêmes éléments vers les terrains plus bas; d'autre part, le réseau capillaire est presque

inexistant surtout dans les terrains où le sable grossier est prédominant et la remontée des solutions salines en surface, au cours de la saison sèche, très réduite;

— les sols argileux, au contraire, sont encore très peu évolués et présentent un état d'équilibre stable, car l'infiltration et le ruissellement agissent au minimum, tandis que la remontée capillaire s'exerce normalement.

L'origine de la roche-mère explique l'existence de sols :

— autochtones, formés sur place; ils sont en général riches, du moins en éléments chimiques contenus en proportion importante dans la roche-mère et peuvent présenter une teneur élevée en sable grossier.

ex. terrains d'origine basaltique,
terrains calcaires.

— allochtones, formés par transport de matériaux provenant de la décomposition de roches-mères situées parfois à de grandes distances; le sable grossier n'y existe souvent qu'à l'état de traces, car il s'est déposé au cours du transport par les eaux, et certains éléments chimiques s'y trouvent en proportion beaucoup moins importante que dans la roche-mère (potasse, par exemple).

ex. sols argileux de la vallée du Sénégal qui sont des alluvions originaires de la Haute-Guinée.

Les sols sableux du Sénégal sont également d'origine allochtone :

origine certainement éolienne pour ceux de la région de Louga, en raison de la morphologie de leurs grains de quartz;

origine en partie fluviatile pour ceux des provinces limitrophes de l'ancien réseau hydrographique (Ferlo-Sine — Haut-Saloum); le pourcentage de grains arrondis, en effet, est beaucoup moins élevé que dans les sols du Cayor et le façonnement par les eaux, qui se traduit par l'existence de grains émoussés, semble l'emporter sur le façonnement éolien; il faut donc admettre que c'est ce système hydrographique mort qui les a d'abord transportés et abandonnés dans les vallées à son stade sénile, et qu'ils ont été ensuite remaniés plus ou moins intensément par le vent.

Les sols des dépressions sont doublement allochtones, en ce sens qu'ils résultent de l'apport d'éléments fins des dunes ou des plateaux voisins par le jeu du ruissellement, lesquels éléments avaient été déjà apportés par le vent ou les fleuves.

L'âge de la roche-mère, enfin, explique l'existence de sols :

— jeunes, non évolués :

ex. terrains alluvionnaires de la vallée du Sénégal.
Ce sont des néosols, du type azonal.

— en voie d'évolution :

ex. sols sableux, qui sont tous du type zonal.

— séniles, complètement évolués ou paléosols :

ex. sols à cuirasse ferrugineuse, qui affleurent souvent dans le Sénégal central et oriental, et que l'on appelle « latérite »; en réalité, ce ne sont pas des latérites, mais des grès ferrugineux concentrés en oxyde ferrique; il y a seulement « ferritisation ».

β) *Climat* ·

L'infiltration des eaux a donné naissance au grand groupe des sols zonaux dont nous décrirons la morphologie ultérieurement; ils sont très répandus au Sénégal : tous les terrains sableux et sablo-argileux en particulier entrent dans ce groupe.

Le ruissellement et le vent sont responsables des sols dégradés à profil tronqué; Aubert considère que les sables rouges du Cayor représentent des profils tronqués, après enlèvement des horizons supérieurs A par l'érosion éolienne.

Le vent est à l'origine de toutes les dunes plus ou moins anciennes du Sénégal central et occidental; dans cette dernière région, des dunes portent des sols sableux squelettiques.

Enfin, les différents facteurs climatiques (température, eau), combinés au facteur végétation, expliquent la prédominance des sols siallitiques dans les territoires qui nous intéressent ici.

γ) *Végétation :*

La flore du type guinéen ou subguinéen, peu répandue au Sénégal, a donné naissance à des sols humifères, par opposition aux sols minéraux qui recouvrent la plus grande partie du pays.

ex. les Niayes, situées sur la côte entre Dakar et Saint-Louis.

— les « Faro » ou vallées humifères du Sud du Sine-Saloum.

Ce sont des sols intrazonaux, peu évolués, soumis avant tout à l'influence du facteur végétation.

δ) *Les facteurs géographiques :*

L'orographie, caractérisée par la présence d'un système dunaire continental plus ou moins arasé, favorise l'érosion pluviale; il en résulte une différenciation horizontale des sols avec illuviation des éléments fins vers les dépressions.

Le réseau hydrographique est, comme nous l'avons signalé, à l'origine de deux sortes de sols :

sols sableux déposés par les fleuves Ferlo et Sine à leur stade sénile;

sols argileux formés par les alluvions du fleuve Sénégal et dont la formation se poursuit encore de nos jours.

Enfin, la mer a déposé des sels ($ClNa$ — Cl^2Mg) à l'embouchure du Sénégal et du Saloum; il en est résulté la formation de sols salins du type intrazonal.

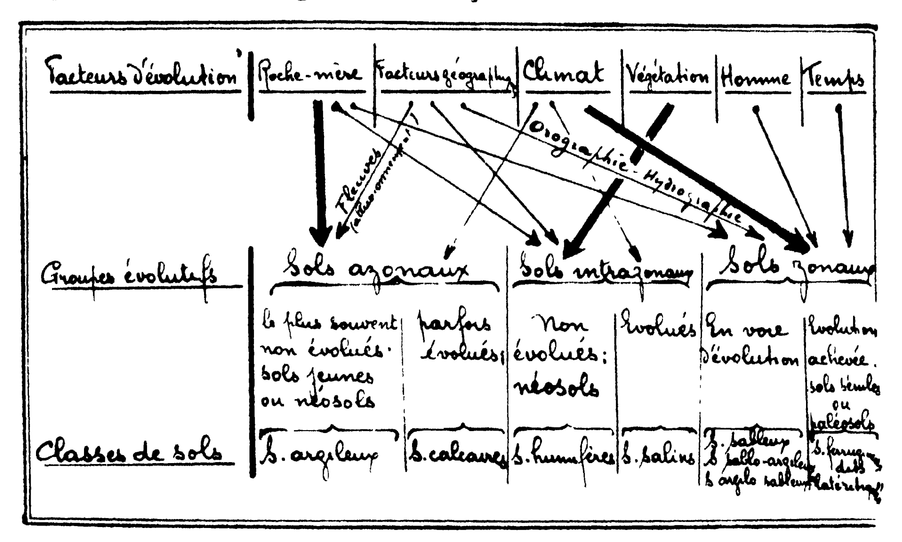
ex. Tannes du Sine-Saloum.

ε) *Le facteur humain :*

L'homme est responsable de l'existence de sols dégradés, dans la mesure où il a pratiqué un déboisement excessif qui rendait plus facile l'action destructrice des facteurs naturels.

b) CLASSIFICATION AGROPEDOLOGIQUE SOMMAIRE DES SOLS DU SENEGAL.

Il est possible de schématiser ces quelques données sur la pédogenèse des sols sénégalais de la façon suivante :



Remarques relatives à ce tableau.

Nous ne faisons allusion :

— ni à l'origine de la roche-mère, car la grosse majorité des terrains du Sénégal sont d'origine allochtone; ne sont autochtones que ceux qui dérivent des schistes et des grès primaires, des affleurements marno-calcaires, des affleurements de grès ferrugineux, ou des épanchements basaltiques, formations qui couvrent une superficie relativement restreinte.

— ni à l'évolution chimique des silicates d'alumine, car tous les terrains qui nous intéressent ici sont siallitiques ou faiblement allitiques.

— ni à la classification génétique des sols, car tous les terrains zonaux qui sont de beaucoup les plus répandus présentent la même morphologie pédologique, que nous décrirons ultérieurement; ils semblent donc être soumis à un même processus évolutif et appartenir au même type génétique, qui serait intermédiaire entre le type lessivé et le type podzol ferrugineux définis par DEMOLON.

Nous ne retenons ici que les deux critères :

— action prépondérante du climat ou de la roche-mère qui permet de distinguer trois grands groupes évolutifs:

— et composition physique du sol, qui permet de séparer plusieurs grandes classes agrologiques, qui sont à la base de toute l'agriculture sénégalaise.

Dans chaque classe, on peut d'ailleurs distinguer des genres et des espèces de sols comme nous le verrons ultérieurement.

Nous avons ainsi établi en 1942 une classification agropédologique, sommaire certes, mais qui présente un intérêt local incontestable.

AUBERT, qui a étudié les mêmes sols par la suite, a confirmé en partie ces vues, tout en les développant au point de vue pédologique pur, par la distinction de sols lessivés, sols châtains, etc.

c) MORPHOLOGIE PEDOLOGIQUE.

Description des profils de quelques sols typiques du Sénégal.

α) Sols azonaux :

Souvent, ils ne présentent aucune évolution :

ex. classe des sols argileux :

Profil N° 47 : « Holaldé » de Guédé.

(Schéma N° 3)

Le terrain est uniformément argileux jusqu'à plus de 1 m. de profondeur (49 à 50 p. c. d'argile); cette roche-mère C, d'origine alluvionnaire, est simplement différenciée en surface du fait de la présence d'humus : horizon A gris brun. C'est un sol en équilibre stable.

Les terrains argileux de la vallée du Sénégal présentent parfois une différenciation particulière :

ex. Profil N° 4R : « Holaldé » de Richard-Toll.

(Schéma N° 4).

Sous l'horizon A, gris brun, se distingue un horizon argilo-sableux, gris bleuté; c'est l'horizon de Gley classique, indicateur de sels ferreux déposés dans une couche réductrice par suite de la présence d'une nappe d'eau.

Ce schéma N° 4 est instructif à un autre point de vue : il représente en réalité deux profils superposés ayant subi leur évolution respective dans deux strates géologiques différentes :

néosol en surface se différenciant actuellement dans une roche-mère argileuse C;

paléosol en profondeur, fortement différencié, ayant subi une évolution zonale autrefois dans une roche-mère sableuse C'.

Schéma N°3
Sol argileux non évolué
Profil N°47: Holaldé (Guédé)

Forêt d'Acacia scorpioides
0
A Gris brun argileux, gley (argile 49 %)
25
C Roche-mère argileuse d'origine alluvionnaire limoneuse (argile 49 %)
100

Schéma N°4
Sol argileux légèrement différencié (Longe de Gley)
Profil N°4 R Holaldé (Fakh... ...)

Tapis de Borreria, Acacias ...
0
A argileux gris brun
25
B argileux sableux gris bleuté (Gley)
60
C: Sable blanc marin presque pur
90
B1 (C'): sableux jaune à limonite
165
170
172
B2 C' ... limonite
B3 ...: brun rouge
C': Sable blanc marin avec traînée ferrugineuses
200

Schéma N°5
Sol humifère ...
Profil N°46 P
... Nayo ... Sénégal ...

... forestier ... guinéens
0
A0 ... humifère brun noir
20
A1 Brun ...
40
A2 ...
60
C' Sable ...
100

Schéma N°6
...
Profil N 113 P
Tanna (Guilass)

... ...
0
5
25
B1 ... sable blanc marin
B2 sableux avec ... et ... ferrugineuses
B3 Sable argileux avec traînées noires ...
100

Profils de sols azonaux et intrazonaux du Sénégal

Les sols azonaux présentent parfois une évolution nette du fait de la décomposition assez poussée de la roche-mère :

ex. sols argilo-calcaires :

« terres noires » (sûf sû nûl en Ouoloff) de Sébikhotane.

Le profil est uniformément brun noir; la teneur en calcaire qui est de 10 p. c. en surface augmente avec la profondeur; ils restent encore soumis à l'influence prépondérante de la roche-mère, marneuse.

β) *Sols intrazonaux :*

Classe des sols humifères :

Ce sont également des sols jeunes, peu évolués :

ex. Niaye à Sangalkam :

Profil N° 46 P. (Schéma N° 5).

La roche-mère C, limon et argile apportés des plateaux voisins, a reçu un dépôt abondant de matière organique : on distingue nettement les horizons :

Ao, formé de gros débris organiques, non décomposés, brun noir;

et A1, également brun noir, très humifère.

Aucune trace d'évolution n'est décelable.

Ici encore existent deux profils superposés correspondant à deux roches-mères d'âges différents :

roche-mère argileuse en surface, d'origine alluviale;

roche-mère sableuse dans le sous-sol, d'origine marine. Le dépôt d'humus intéresse d'ailleurs une partie de cette dernière : l'horizon A1(c'), sablo-argileux, de teinte brune.

A l'état naturel, ces profils ne présentent aucune évolution et sont en équilibre stable. Mais la dégradation s'annonce rapidement avec le déboisement et la culture : l'humus disparaît, le terrain n'est plus du type intrazonal et subit peu à peu l'évolution zonale avec apparition d'horizons d'illuviation B dans le sous-sol.

ex. profil N° 33 dans les mêmes Niayes de Sangalkam :

A1 — 0 à 20 cm. brun noir,
avec 2,7 p. 100 de matière organique.

A2 — 20 à 80 cm. argilo-sableux, gris,
avec 0,6 p. 100 de matière organique.

B — 80 cm. Gris blanchâtre avec traînées ferrugineuses rouges.

Dès que l'humus disparaît par suite du déboisement, l'équilibre est rompu, et les deux profils superposés primitifs n'en forment plus qu'un, l'argile et l'oxyde ferrique du profil supérieur migrant vers l'autre, sous-jacent.

Schéma N° 7

Schéma N° 8

Schéma N° 9

Schéma N° 10

Profil n° 71P · Niargo (Kaffrine)

A1 Gris rougeâtre

Co Gravillons ferrugineux

C. Cuirasse ferrugineuse néogène

Profils de sols zonaux du Sénégal

Classe des sols salins :

Ils sont généralement évolués.

ex. Tanne de Guilass :

Profil N° 113 P. (Schéma N° 6).

Observé en fin de saison sèche, ce profil accuse une forte concentration de sel (ClNa surtout) en surface, sous forme d'efflorescences blanches.

Puis la teneur en chlorures passe par un minimum dans l'horizon superficiel sableux et augmente ensuite progressivement avec la profondeur et avec la teneur en argile. La roche-mère est un sable d'origine marine; le profil est évolué avec illuviation d'argile, d'oxyde ferrique et de traces d'humus dans le sous-sol.

Lorsque ces sols voient leur salure diminuer à la suite du lessivage par les eaux de pluie, ils deviennent cultivables et en même temps du groupe intrazonal, ils passent au grand groupe des sols zonaux.

γ) *Sols zonaux :*

Nous étudierons d'abord un certain nombre de profils de sols en voie d'évolution.

CLASSE DES SOLS SABLEUX, GENRE DIOR.

Espèce Dior rouge du Cayor.

Nous rappelons que AUBERT considère ces Diors rouges comme des sols à profil tronqué, du fait de l'érosion éolienne; les horizons A auraient été enlevés par le vent (ou le ruissellement) et la terre rouge superficielle que l'on observe actuellement serait l'ancien horizon B l'illuviation de l'oxyde ferrique.

Il n'est pas toujours possible de mettre en évidence des horizons nettement distincts; on note cependant le plus souvent une progression dans l'intensité de couleur des couches :

ex. Profil N° 124 P. à Coki :

(Schéma N° 7).

de 0 à 25 cm. Gris rougeâtre que l'on peut considérer comme horizon A1 à cause de sa teinte grise.

25 à 80 cm. Rougeâtre.

80 à 150 cm. Nettement rouge.

— espèce Dior gris du Baol :

Profil N° 71s, à Bambey. (Schéma N° 8) :

La différenciation en horizons est ici très nette :

A1 — gris, avec petite quantité d'humus;

A2 — gris plus clair, où la teneur en bases échangeables passe par un minimum dans le profil (voir bulletin d'analyse 71s).

B1 — Jaunâtre, à oxyde ferrique (limonite) hydraté.

B2 — Jaune rougeâtre.

B3 — Rougeâtre, à oxyde ferrique moins hydraté.

B4 — A la base de cet horizon rougeâtre, apparaissent à 2 m. 60 de petites concrétions ferrugineuses, de teinte rouge vif, et dures. L'existence de ces concrétions n'est pas constante; cependant, nous avons eu l'occasion de les observer plusieurs fois, en général à partir de 1 m. 50 ou 2 m. de profondeur.

ex. profil 55s : Dior gris à Bambey,
à 1 m. 90 — présence de concrétions, rouges à l'extérieur et noires à l'intérieur.
profil 1s : Concrétions à 80 cm.
profils 11P à Nioro : Concrétions à 1 m. 50.

Il est possible que les autres profils étudiés, qui n'ont été en général observés que jusqu'à 1 m. ou 1 m. 50 de profondeur, possèdent également cet horizon à concrétions, à plus grande profondeur.

Cette remarque s'applique d'ailleurs aux sols sablo-argileux qui subissent la même évolution.

Le fait est important, car il semble correspondre à un type spécial de sol lessivé, ou peut-être à un sol en voie de podzolisation; la présence d'un horizon A2, où la teneur en bases échangeables passe par un minimum, donne encore plus de vraisemblance à cette hypothèse.

L'examen de ces profils révèle également le fait suivant : si les horizons sableux A sont très desséchés, ce qui est inévitable en fin de saison sèche (le profil 71s a été examiné au mois d'avril, c'est-à-dire après cinq mois de sécheresse), les horizons B d'illuviation, qui sont sablo-argileux, sont généralement humides; le fait est également important : il confirme d'une part l'hypothèse que la remontée capillaire des solutions du sol est très faible, en raison de la forte teneur en sable des horizons superficiels, et il montre, d'autre part, que ces sols possèdent en profondeur, grâce à leur horizon d'accumulation de l'argile, une réserve d'eau utilisable par les plantes.

CLASSE DES SOLS SABLO-ARGILEUX

Ils sont soumis à la même évolution climatique que les sols sableux :

ex. profil N° 5P : Genre « Dek » à M'Bambey (schéma N° 9) .

Seul l'horizon A1 permet de distinguer ce profil de celui des sols sableux; il est plus compact (8 à 15 p. 100 d'argile), et de teinte plus foncée : la teneur en matière organique est en effet notablement plus forte; le fait est en relation avec la densité de la végétation; les « Dior » sableux sont presque toujours cultivés en arachide ou petit mil et il ne reste que quelques arbres disséminés dans les champs; le « Dek ». au contraire, est considéré comme trop compact pour la culture de l'arachide, il est généralement en friche et recouvert de

formations végétales denses dont la plus courante est la savane-bois armée à *Acacia stenocarpa*, décrite par TROCHAIN.

Ce terrain nous fournit encore un excellent exemple de profils superposés : il existe ici trois roches-mères de nature et d'âge différents :

— le calcaire des couches de passage du crétacé à l'éocène, intact en profondeur (C''), très altéré de 3 m. 50 à 4 m. 50 (C''o);

— les grès ferrugineux miopliocènes ou « latérite » se présentant sous deux formes : cuirasses B'2 et gravillons B'1, ces derniers résultant de la désagrégation de la cuirasse;

— les formations sableuses et argileuses quaternaires C, qui ont donné naissance au sol actuel.

Il y a d'ailleurs interpénétration des trois profils; le paléosol ferrugineux B'1 — B'2 s'enfonce en coin dans une crevasse de la roche calcaire C'', ce qui explique qu'il soit situé dans ce profil en-dessous de l'horizon C''o, bien qu'étant plus récent que lui.

Dans certains profils, la cuirasse ferrugineuse n'existe pas et l'on passe directement du sol quaternaire évolué au calcaire crétacé-éocène (schéma N° 1).

Genre « Ban ».

Ce sont des terres de dépression, formées par apport d'éléments fins par le ruissellement; ce genre présente une particularité, la présence d'un horizon de Gley gris bleuté qui est surtout visible en surface après le retrait des eaux qui se sont accumulées en saison humide.

ex. profil N° 72s à M'Bambey.

A1 et B-G : 0 à 40 cm. Gris bleuté.

B1 : 40 cm. à 1 m. 40. Gris jaunâtre.

B2 : 1 m. 40 à 1 m. 60. Brun noir.

B3 : 1 m. 60 à 1 m. 80. Jaunâtre.

B3 et Co : 1 m. 80 à 2 m. 20. Jaunâtre avec traînées blanches de carbonates.

L'horizon de Gley se localise surtout en surface; en effet, l'eau stagne en général quelque temps dans la dépression et disparaît par évaporation, sans que les couches profondes, plus argileuses et imperméables, ne soient fortement imbibées. La coloration bleutée n'est d'ailleurs pas toujours nette et elle disparaît assez rapidement en saison sèche.

CLASSE DES SOLS ARGILO-SABLEUX.

Ils présentent encore la même évolution climatique, moins nette et moins constante cependant que dans les sols sableux et sablo-argileux.

ex. *Genre « Fondé » :*

Profil N° 5R à Richard-Toll :

A1 : 0 à 20 cm. Gris brun.

B : 20 à 45 cm. Gris jaunâtre.

C' : 45 à 60 cm. Sable blanc.

B1(c') : 60 à 150 cm. Blanc avec trainées ferrugineuses.

B2(c') : à 150 cm. Hématite rouge.

L'intensité du phénomène d'illuviation est moins accusée en ce sens que l'argile n'est pas entraînée (23 et 24 p. 100 dans les 2 horizons A1 et B); par contre, les teneurs en calcium et magnésium échangeables et celle en oxyde de fer libre sont plus élevées dans l'horizon B. Ici encore, on observe deux profils superposés.

Cas des paléosols, ayant achevé leur évolution :

CLASSE DES SOLS FERRUGINEUX, DITS LATERITIQUES.

Ils sont caractérisés par la présence d'une cuirasse qui s'est formée à la surface des grès miopliocènes. Elle est souvent située à grande profondeur; parfois, on la rencontre à 10 ou 20 cm., parfois enfin elle affleure. Dans le premier cas, elle n'a aucune influence sur la terre arable, qui est d'origine plus récente. Dans le second cas, c'est sa désagrégation qui a donné naissance à une terre arable pulvérulente, rouge et très pauvre en éléments fertilisants; on y rencontre alors surtout une végétation de *Combretum* Dans le troisième cas enfin, quand la cuirasse affleure, aucune végétation n'est possible et le sol est complètement nu.

ex. *Genre « Niargo ».*

Profil N° 71P à Kaffrine (schéma N° 10).

— Horizon A1, de 10 cm. d'épaisseur seulement, pulvérulent, gris rougeâtre.

- En dessous, un horizon de gravillons Co provenant de la désagrégation de la cuirasse.

-- Enfin, la cuirasse, à 12 cm. de profondeur, que l'on peut considérer comme une roche-mère C par rapport à la terre superficielle actuelle, mais qui est également un paléosol B par rapport à la roche-mère primitive, à savoir le grès miopliocène.

C. — Les conditions agrologiques actuelles. Principaux types de terres arables du Sénégal.

L'agriculteur sénégalais connaît bien, en général, la nature et la vocation culturale des terres qu'il exploite; les noms vernaculaires qu'il leur donne sont souvent très significatifs, si bien que l'on peut leur attribuer une acception générique; c'est ainsi que le terme « Dior »

désigne, en pays sérère et ouolof, un genre de terrain sableux, léger, perméable, convenant parfaitement à la culture de l'arachide; de même, le « Holaldé » désigne, en pays Toucouleur, un genre de sol argileux, compact, imperméable, réservé à la riziculture ou au gros mil. A l'intérieur d'un même genre, il distingue d'ailleurs parfois des types secondaires de sols qui ont une valeur spécifique : par exemple, au Dior blanc ou gris (Dior bu veh) s'opposent le Dior noir (Dior bu nûl) et le Dior rouge (Dior bu khonkh). De même, les termes de transition sont bien connus : c'est ainsi que le Dek-Dior est intermédiaire entre le Dior sableux et le Dek, sablo-argileux.

Nous nous garderons bien de passer sous silence toute cette terminologie si riche, parfois pittoresque, et qui présente une valeur agrologique incontestable sur le plan local, au même titre que les noms de terroir en France.

a) CLASSE DES SOLS SABLEUX.

Terres à arachide et à petit mil.

Ces sols sont d'importance primordiale au Sénégal :

— au point de vue géographique, car ils occupent de vastes espaces;

— au point de vue économique, car ils produisent les deux ressources essentielles du territoire : le mil, qui constitue l'aliment de base du sénégalais et l'arachide qui représente son principal pouvoir d'achat et qui alimente tout le commerce d'exportation.

Répartition géographique :

Les sols sableux recouvrent presque intégralement les provinces suivantes :

Cayor — Baol — Sine — Rip et Sine-Saloum oriental (cantons du Laghem — Nguer — N'Doukoumane — Koungheul) où ils portent le nom ouolof de « Dior ».

Ils sont prédominants dans le Djolof occidental, dans le cercle de Thiès (partie Ouest exceptée), dans le Niombato et dans les parties occidentale et septentrionales du cercle de Tambacounda; les Socés dans le Niombato et les Mandingues dans le cercle de Tambacounda les dénomment « Kegné-Kegné ».

Les dunes ou les plateaux sableux qui bordent la vallée du fleuve Sénégal portent le nom Toucouleur de « Diéri ». Enfin, les Ouolofs et les Sérères désignent sous le nom de « Dek-Dior » des terrains qui sont intermédiaires entre le Dior et un autre genre, le « Dek », au point de vue topographique et au point de vue de leur composition physique; ce sont, en effet, généralement les versants des anciennes dunes et ils sont légèrement plus compacts que le Dior, à tel point que la culture de l'arachide y est déjà plus difficile; ce sont cependant encore des sols sableux, car ils contiennent moins de 7 pour 100 d'argile.



Savane arborée à *Faidherbia albida* sur sol sableux (Dior).
Bambey - Sérère.
Juillet 1948.


(Cl. Bouyer)



Savane arborée à *Sterculia setigera*, *Cordyla africana*, *Icacina senegalensis*, etc. sur sol sableux (Kegné-Kegné). Sinthiou-Malème. Mai 1942.

(Cl Bouyer)



Rôneraie sur sol sableux (Dior).
Pire-Goureye. - Juillet 1948.

(Cl. Bouyer)

La cartographie précise et détaillée de ces immenses étendues sableuses exige un long travail de prospection, car il existe très fréquemment des enclaves de terrains sablo-argileux ou argilo-sableux, les genres « Dek » et « Ban » que nous étudierons ultérieurement; dans la partie orientale du pays, ce sont des affleurements de grès ferrugineux qui viennent s'intercaler entre les formations sableuses. Avec la modernisation de l'agriculture sénégalaise, la nécessité de l'établissement d'une carte agrologique se fera de plus en plus impérieuse; cette carte devra être établie à grande échelle (1/50.000 ou même 1/25.000).

On peut concevoir de deux façons la réalisation de ce travail :

ou bien confier à chaque chef de Circonscription Agricole la prospection des territoires qu'il contrôle, les méthodes de travail, la description et la représentation des terrains, les signes et les teintes conventionnelles étant évidemment unifiés sous la direction d'un spécialiste de l'étude des sols.

Avec trois mois de prospection par an, dont deux mois en saison sèche et un mois en saison des pluies pour revoir plus rapidement les mêmes terrains à l'époque des cultures, il semble qu'en cinq ans, chaque chef de circonscription pourrait fournir le relevé cartographique de la plus grande partie de son territoire. Il y aurait donc ainsi plusieurs missions distinctes : par exemple :

une pour la vallée du Sénégal;

une pour le Cayor et le Djolof;

une pour la presqu'île de Dakar, le cercle de Thiès et le Baol;

une pour le Sine-Saloum;

une pour le cercle de Tambacounda;

une éventuellement pour le Ferlo;

(sans compter la Casamance et la Haute Gambie).

Il existe d'ailleurs déjà des esquisses de cartes agrologiques qui ont été établies par les Services Agricoles : région des Niayes — région des tannes du Sine-Saloum — Richard-Toll, etc., mais elles devront être complétées par une étude analytique des terrains au laboratoire et surtout être uniformisées dans leur mode de présentation.

Cette première méthode présenterait l'avantage de confier le travail à des ingénieurs qui connaissent en général très bien les régions où ils sont appelés à circuler constamment et de les intéresser directement à ce travail. Elle présenterait par contre l'inconvénient de distraire de leurs occupations techniques et administratives, pendant plusieurs mois par an, des agents qui sont encore en nombre insuffisant et pour lesquels la relève n'est pas toujours aisément assurée.

La seconde méthode consisterait à confier l'ensemble de la prospection à une mission unique qui opérerait par tranches; il faudrait compter alors au moins dix ans pour mener l'affaire à bien, étant entendu que chaque année les relevés cartographiques effectués sur

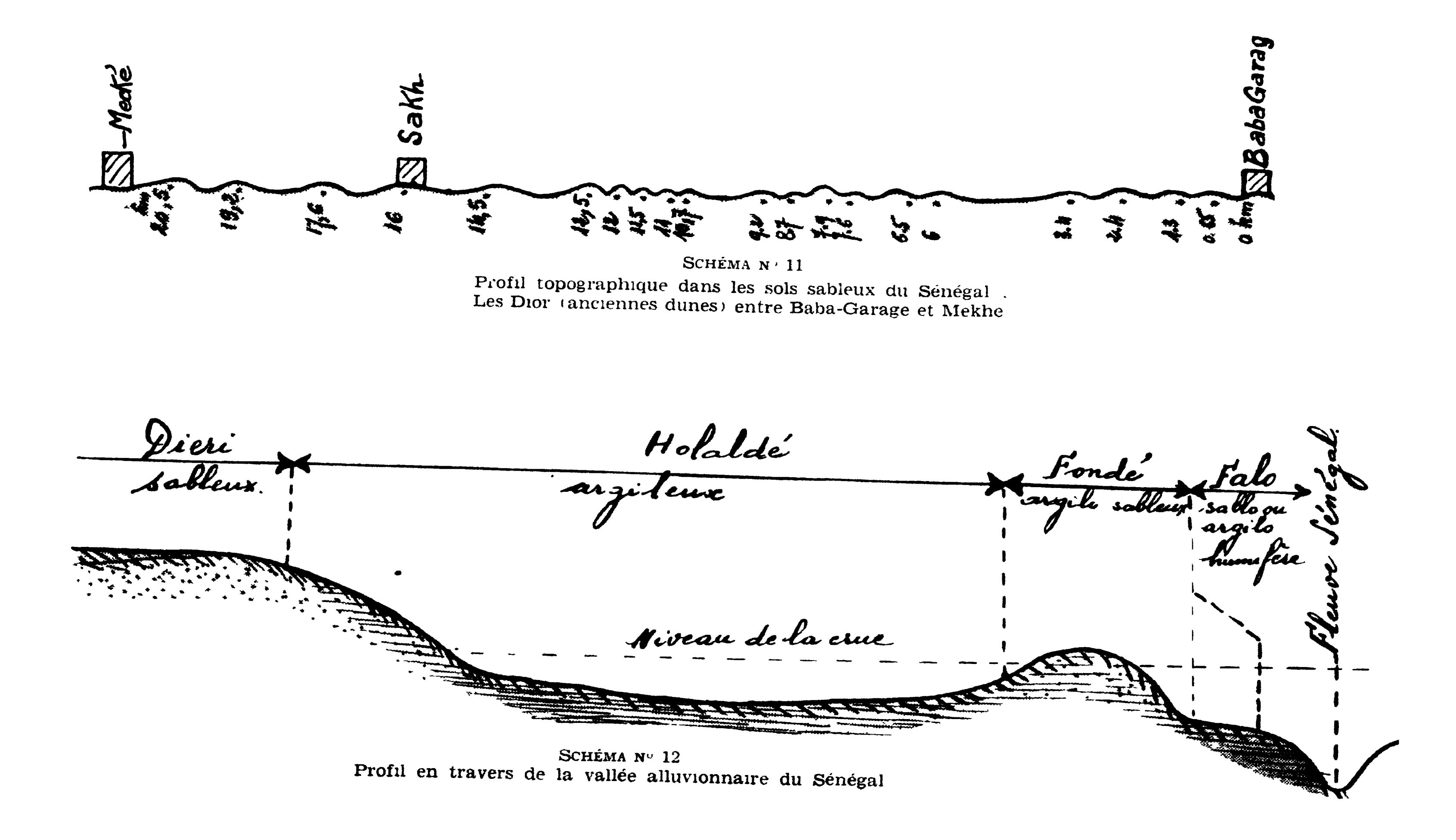


SCHÉMA N° 11
Profil topographique dans les sols sableux du Sénégal.
Les Dior (anciennes dunes) entre Baba-Garage et Mekhe

SCHÉMA N° 12
Profil en travers de la vallée alluvionnaire du Sénégal

le terrain seraient complétés par des études analytiques au laboratoire. Les résultats seraient à plus longue échéance; par contre, ils présenteraient certainement un caractère plus synthétique et plus suivi, en ce sens que le Chef de mission userait toujours des mêmes méthodes de travail et aurait l'ambition de mener à bien une œuvre éminemment personnelle.

Les conditions orographiques et hydrographiques :

Le Dior résulte de l'aplanissement d'un ancien relief dunaire; il se présente sous forme d'ondulations de terrains, plus ou moins accusées suivant les régions, généralement parallèles à une direction Nord-Est Sud-Ouest ou Nord-Nord-Est Sud-Sud-Ouest et se succédant interminablement sur des dizaines de kilomètres : si l'on suit le trajet Baba-Garage Mekhé, par exemple, soit une vingtaine de kilomètres, on ne rencontre pas moins de vingt-deux de ces anciennes dunes (schéma N° 11); la dénivellation entre le sommet des dunes et les dépressions est rarement supérieure à 4 ou 5 mètres.

Ce genre de terrain étant, par définition, situé en dehors des dépressions où l'eau peut couler ou s'accumuler, ne possède aucun réseau hydrographique; en saison humide, l'eau de pluie s'infiltre rapidement, étant donné la grande perméabilité du sol, ou ruisselle sur les pentes; par sa nature même (sol sableux perméable) et par sa disposition topographique (anciennes dunes), il est fortement prédisposé à la dégradation : illuviation des colloïdes et des bases vers la profondeur, entraînement des mêmes éléments vers les dépressions par le ruissellement; le phénomène ne fait d'ailleurs que s'aggraver avec le déboisement consécutif à la culture de l'arachide. Le maintien d'un minimum de végétation est d'une nécessité impérieuse; les Services Agricoles s'y emploient d'ailleurs activement dans ces régions cultivées depuis plusieurs dizaines d'années, par une politique de primes au reboisement, de champs de démonstration avec rideaux d'arbres, etc. Il faut d'ailleurs reconnaître que leur tâche se trouve simplifiée en pays sérère où le cultivateur conserve de nombreux arbres dans ses champs et où le Cadde (*Faidherbia albida*) se multiplie très rapidement.

Dans les terres neuves du Sine-Saloum, le problème se pose de façon différente : ce sont des sols défrichés récemment à la suite des encouragements prodigués à l'indigène pour faire de l'arachide; celui-ci s'est cru autorisé à produire coûte que coûte et s'est livré à des déboisements inconsidérés; c'est ainsi que dans la région de Colo-



Adansonia digitata dans la savane arborée du Baol.
Sol sableux (Dior).
Bambey-Sérère — Août 1940.

(Cl Bouyer)



Calotropis procera en sol sableux (Dior).

(Cl Bouyer)



Peuplement de *Faidherbia albida* dans la savane arborée du Baol.

Bambey-Sérère.
Juillet 1948.
Sol sableux (Dior).

(Cl. Bouyer)

bane, à 60 km. au Nord de Birkelane, on parcourt maintenant de grandes distances sans rencontrer un seul arbre.

Le facteur climatique :

Nous avons déjà insisté sur l'action néfaste de l'érosion pluviale et de l'érosion éolienne. Nous rappellerons seulement ici l'influence de la répartition des pluies sur le rendement en arachide dans les sols sableux; car un bon terrain ne suffit pas à assurer une bonne récolte, tant il est vrai que l'eau est l'élément nutritif essentiel de la plante; or, ce n'est pas tellement la chute totale d'eau qui est importante que sa répartition au cours des quatre mois d'hivernage; en effet, les variétés d'arachide cultivées au Sénégal ont un cycle végétatif de 115 à 120 jours, soit quatre mois; si, pendant ce temps, une longue période de sécheresse survient, l'arachide en souffre gravement; il n'est pas rare de voir au mois de septembre ou octobre dans les régions centrales et septentrionales du Sénégal (Baol — Cayor) des sécheresses de trois semaines compromettre la fructification et, en définitive, la récolte; les plantes se flétrissent et meurent et l'on observe ce phénomène paradoxal, à savoir que ce sont les terrains les plus argileux qui assurent alors les meilleures récoltes, parce qu'ils ont mieux conservé leur humidité.

Indépendamment de ces faits, un certain nombre de phases de la culture de l'arachide présentent des exigences bien précises :

c'est ainsi que le semis, que l'on n'effectue généralement que sur une pluie de 20 mm. au moins, capable d'humidifier suffisamment le sol, n'est souvent possible que pendant les quarante-huit heures suivant cette pluie; si le terrain à cultiver n'est pas entièrement ensemencé dans ce court laps de temps et si une nouvelle pluie ne survient pas, l'on est contraint d'attendre; car le sol se dessèche rapidement et la germination serait défectueuse; ces contingences sont très gênantes pour l'exécution d'essais de variétés ou d'essais d'engrais, lorsqu'on a de nombreuses parcelles à ensemencer.

De même l'exécution de l'arrachage dans des conditions optima exige qu'une pluie vienne humecter le sol quelques jours auparavant; si cette exigence n'est pas satisfaite, si par exemple la dernière pluie se situe au centième jour du cycle végétatif, le terrain desséché se durcit, et l'arrachage est rendu difficile; le rendement s'en ressent, car les restes en terre sont très importants.



(Cl. Bouyer)

Adansonia digitata dans un champ de Mil Sérère. Sol sableux (Dior). Bambey-Sérere — Août 1940



(Cl Bouyer)

Sol sableux (Kegne-Kegne) à peuplement de *Daniellia Oliveri*. Santamba (Niombato) - Avril 1942



(Cl. Bouyer)

Balanites aegyptiaca et *Guiera senegalensis* sur terrain réputé épuisé. Sol sableux (Dior). Ngueyt-Séou (Baol). — Janvier 1942.

TABLEAU III.

Influence de la date de la dernière pluie sur les rendements en arachides à la Station de M'BAMBEY.

Années	Date et importance de la dernière pluie	Date de l'arrachage	Observations relatives à l'arrachage, extraites des rapports techniques de la Station
1931. . .	20 octobre: 0mm75	28 octobre	Terrain dur et complètement desséché; année déficitaire.
1932. . .	29 et 30 setembre: 9 + 6 mm.	21 »	Arrachage très difficile; diminution des rendements.
1933. . .	5 octobre: 5 mm	24 »	Restes en terre importants dans les parties dures.
1934. . .	10 » ?	31 »	Sol très dur, arrachage très difficile.
1935. .	19 » 1 mm	26 »	Dessèchement du sol gênant l'arrachage des parcelles à sol compact.
1936. .	20 » 19 mm	22 »	Restes en terre peu importants
1937. .	22 » 19 mm	25 »	Arrachage effectué dans de bonnes conditions; peu de restes en terre.
1938. .	25 » 38 mm	26 »	Sol humide; très peu de restes en terre.
1939 .	27 » 32 mm	27 »	Arrachage facile
1940. .	15 » ?	21 »	Arrachage facile.

Le tableau III est très instructif à ce sujet. L'agriculture en terrain Dior est dominée par la question de l'eau; aucune culture n'y est possible en saison sèche, de novembre à juin, soit pendant sept mois au moins; et les cultures d'hivernage doivent accomplir leur cycle végétatif dans une courte période de 100 à 120 jours; si la fin des pluies est prématurée, la récolte est déficitaire.

Nous avons particulièrement insisté sur ces quelques faits, car ce sont des facteurs importants de la fertilité des sols sableux à arachide et ils sont valables pour la majeure partie du Sénégal.

La végétation :

Nous présentons sous forme de tableau (tableau IV) quelques relevés floristiques typiques effectués en terrain sableux.

Certaines espèces sont nettement indicatrices :

Calotropis procera dans les régions septentrionales semi-arides.

Faidherbia albida et *Acacia Raddiana* dans le Cayor;

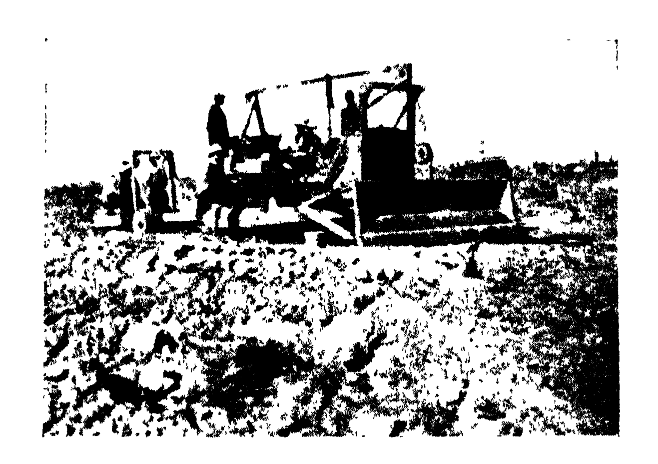
Parinari macrophylla dans la partie occidentale;

Faidherbia albida dans le Baol;



(Cl. Bouyer)

Bloc de culture mécanique de l'Arachide de Boulel (Kaffrine).
Les « Scrapers ». — Avril 1948.



(Cl. Bouyer)

Bloc de culture mécanique de l'Arachide de Boulel (Kaffrine).
« Rooter » au travail. — Avril 1948.

Icacina senegalensis, postculturale très envahissante dans les régions méridionales;

Cordyla africana dans les régions méridionales.

D'autres espèces seraient, d'après les cultivateurs, indicatrices de la fertilité du sol :

Heeria insignis (Waswassor) indiquerait de très bonnes terres à arachide;

Guiera senegalensis, au contraire, coloniserait les terrains épuisés.

Certaines espèces enfin sont souvent dominantes, sans pouvoir être reconnues cependant comme plantes indicatrices des sols sableux:

Balanites aegyptiaca et

Adansonia digitata dans le Baol,

Daniellia Oliveri dans le Niombato,

Combretum glutinosum, très répandu dans toutes les provinces méridionales et orientales.

Vocation culturale :

Ces terrains, arides en saison sèche, ne conviennent en hivernage qu'à un nombre assez restreint de cultures;

— l'arachide, en premier lieu, pour laquelle ils constituent un terrain de choix; il est d'ailleurs fort heureux que cette culture se soit répandue, sinon le Sénégal présenterait d'immenses étendues incultes et serait certainement un pays pauvre au point de vue agricole.

— le petit mil ensuite (*Pennisetum*).

On peut y cultiver d'autres plantes, mais les rendements sont en général faibles, pour plusieurs raisons :

sol trop léger pour le ricin et le cotonnier;

sol trop pauvre pour le manioc, la patate, le ricin;

climat trop sec pour le maïs et le cotonnier.

En somme, ce sont presque des terrains de monoculture, en ce sens que seule la combinaison arachide-petit mil y est prospère.

TABLEAU IV.

Relevés floristiques en sols sableux.

Lieux	Dates	Genres de terrains	Formations végétales	Principales espèces	Observations
Richard-Toll	8/3/1948	Diéri	Savane arbustive claire	*Calotropis procera* *Balanites aegyptiaca* *Bauhinia rufescens* *Guiera senegalensis*	*Calotropis* dominant.
Louga (Centre Expérimental)	9/3/1942	Dior	Savane arborée	*Faidherbia albida* *Acacia Raddiana* *Bauhinia rufescens* *Calotropis procera*	*Faidherbia* dominant.
M'Barik (Ouest Louga)	10/3/1948	Dior rouge	Savane arbustive claire	*Parinari macrophylla* *Balanites aegyptiaca* *Leptadenia lancifolia* *Bauhinia reticulata*	*Parinari* dominant.

Lieux	Dates	Genres de terrains	Formations végétales	Principales espèces	Observations
Coki	9/3/1948	Dior rouge	Savane arbustive claire	*Balanites aegytiaca* *Bauhinia reticulata* *Bauhinia rufescens* *Faidherbia albida*	
M'Boro	30/7/1948	Dior	Savane arbustive claire	*Parinari macrophylla* *Guiera senegalensis* *Adansonia digitata*	
Mekhé	30/7/1948	Dior	Savane arborée	*Faidherbia albida* *Parinari macrophylla* *Guiera senegalensis*	*Guiera* dominant. (Sol épuisé?)
M'Bambey	20/5/1941	Dek-Dior	Savane arborée	*Faidherbia albida* *Adansonia digitata* *Acacia Sieberiana* *Tamarindus indica*	
M'Bambey	20/5/1941	Dior gris	Savane arborée	*Faidherbia albida* *Adansonia digitata* *Guiera senegalensis* *Bauhinia reticulata* *Leptadenia lancifolia*	*Faidherbia* dominant.
Loulle-Sessène	11/6/1948	Dior gris	Savane arborée	*Cordyla africana* *Sclerocarya Birrea* *Adansonia digitata* *Guiera senegalensis*	
Santamba	17/4/1942	Kegné-Kegné	Savane arborée	*Daniellia Oliveri* *Cordyla africana* *Lophira alata* *Securidaca longipedunculata* *Icacina senegalensis*	*Daniellia* dominant. *Icacina*, post-culturale très abondante dans les jachères.
Nioro-du-Rip	17/2/1942	Dior gris	Savane arborée	*Combretum glutinosum* *Parkia biglobosa* *Sclerocarya Birrea* *Cordyla africana* *Bauhinia reticulata* *Icacina senegalensis*	*Combretum* dominant. *Icacina*, post-culturale très abondante dans les jachères
Kaffrine	21/5/1943	Dek-Dior	Savane arborée	*Combretum glutinosum* *Cordyla africana* *Sclerocarya Birrea* *Detarium senegalense*	*Combretum* et *Cordyla* dominants
Boulel	14/4/1948	Dek-Dior	Forêt de savane	*Combretum glutinosum* *Sterculia setigera* *Pterocarpus erinaceus* *Bombax buonopozense* *Anogeissus leiocarpus*	
Maleme-Hodar	21/7/1945	Dior	Forêt de savane	*Combretum glutinosum* *Bombax buonopozense* *Parkia biglobosa* *Lannea acida* *Heeria insignis*	*Combretum* dominant. *Heeria*, post-culturale abondante dans les jachères, indicatrice des bonnes terres à arachides.

Lieux	Dates	Genres de terrains	Formations végétales	Principales espèces	Observations
Koungheul	23/5/1943	Dior	Savane arborée	*Cordyla africana* *Parkia biglobosa* *Combretum glutinosum* *Icacina senegalensis*	*Cordyla* dominant.
Sill	30/7/1945	Dior	Forêt de savane	*Combretum glutinosum* *Bombax buonopozense* *Cordyla africana* *Lannea acida* *Sterculia setigera*	*Combretum* dominant.
Sinthiou-Malène	12/5/1942	Kegne-Kegné	Savane arborée	*Combretum glutinosum* *Sterculia setigera* *Cordyla africana* *Pterocarpus erinaceus* *Terminalia macroptera*	

b) CLASSE DES SOLS SABLO-ARGILEUX.

Terres à gros mil (Sorghum) du Sénégal.

Ce groupe ne présente pas l'unité d'aspect et de composition des sols sableux; la diversité des noms vernaculaires qui les désignent en témoigne d'ailleurs suffisamment :

— en pays Ouolof et Sérère, dans le Sénégal occidental et central, on appelle « Dek » des plaines de faible étendue situées entre les dunes sableuses, et « Ban » les terres de dépression; on leur donne parfois le nom de « terres noires » (suf sû nûl en Ouolof) **surtout** dans les régions où les marno-calcaires sous-jacents jouent le rôle de roche-mère; ces terres noires peuvent d'ailleurs être également argilo-sableuses.

— dans la vallée du Sénégal, une partie des « Fondé » des cultivateurs Toucouleurs est sablo-argileuse;

— en pays Mandingue et Socé, les expressions « Bacofing » et « N'Datou banco » désignent des sols sablo-argileux gris brun.

Ils sont beaucoup moins importants que les sols sableux :

— par leur étendue qui est relativement faible;

— par leur régime cultural : ils sont parfois cultivés en Sorgho, mais le plus souvent on les laisse en friche.

L'expression « Dek » implique avant tout pour l'agriculteur sénégalais l'idée d'un terrain trop argileux et trop compact pour la culture de l'arachide (Dek signifie: dur, en Ouolof); comme les deux cultures essentielles, arachide et petit mil trouvent facilement leur place sur les vastes étendues du Dior, et que le climat n'est pas assez humide pour permettre au maïs ou au cotonnier de s'y développer, ces terrains sont volontiers abandonnés et ils sont fréquemment recouverts d'une formation dense d'*Acacia stenocarpa* (Sourour). Il existe



(Cl. Bouyer)

Ficus sp. sur sol sablo-argileux
(terre Ban)
Nioro du Rip. — Février 1942



(Cl. Bouyer)

Savane forestière sur sol sablo-argileux
(Dek).
Maka-Bellal (Malème Hodar)
Mai 1943.



(Cl. Bouyer)

Savane à *Acacia stenocarpa*. Sol sablo-argileux Dek.).
Station de M'Bambey. Août 1948.

donc en pays Ouolof et Sérère une classification des sols, assez simpliste, certes, mais présentant une réelle portée pratique :

Dior : bonne terre à arachide;

Dek : terre trop compacte pour cette culture;

avec l'intermédiaire Dek-Dior où la culture est encore possible.

Répartition géographique :

Il est difficile de la préciser, car ces sols existent un peu partout sur de petites étendues.

Peu abondants dans le Cayor, ils sont plus répandus dans la partie occidentale du Cercle de Thiès; on en rencontre quelques plages dans le Baol (l'escale de M'Bambey et une partie des terrains de la Station sont situés sur le « Dek »;

Entre Kaolack et Sokone, entre Kaolack et M'Bour, le Ouolof « Saloum-Saloum » les dénomme « Dak ».

Les Socés du Niombato les appellent « Bancofing »; on les rencontre encore dans le Cercle de Tambacounda et dans le Ferlo sous le même nom de « Bancofing ».

Enfin, la terre « Ban » existe partout où il y a des dépressions, des mares et des marigots temporaires, des anciens lits de rivières ou de fleuve (ex. vallée morte du Sine en amont de Diourbel). Dans l'Est et le Sud du pays, où la végétation est plus dense et le sol plus humifère, on passe progressivement des terres « Ban » au « Faro » que nous définirons plus loin

Conditions orographiques et hydrographiques :

Ce sont soit des plateaux (terres noires de Sébikhotane);

soit des plaines (Dek, Bancofing);

soit des dépressions ou des vallées (Ban).

Ces deux dernières catégories sont plus humides que les sols sableux, car elles conservent mieux l'eau. Les terres Ban sont même inondées pendant une partie de l'hivernage.

Origine géologique :

Les sols sablo-argileux du Sénégal sont d'origines très diverses .

— dans les régions où ils sont désignés plus spécialement sous le nom de « terres noires », ils résultent de l'altération par décalcification des marno-calcaires crétacé-éocènes; c'est le cas de la région de Sébikhotane et peut-être aussi des « Dek » du Baol, qui sont presque toujours brun noir; dans ce dernier cas, après le stade de décalcification, il y aurait eu apport de sable au quaternaire et la nouvelle terre arable ainsi formée aurait perdu tout lien avec la roche-mère primitive.

Dans le Sine-Saloum, certains « Dak » sont d'origine alluvionnaire, constitués au quaternaire par les apports des fleuves Sine et Saloum.

Enfin, dans la partie orientale du pays, les Bancofing résultent de la décomposition des grès argileux miopliocènes et d'un apport éolien de sable au quaternaire.



(Cl. Bouyer)

Galerie forestière à *Elaeis guineensis*. Sol humifère (Faro).
Santamba (Niombato) - Avril 1942



Sol humifère (Faro) sous galerie forestière à Elaeis
Néma (Niombato). — Avril 1942

(Cl. Bouyer)



(Cl. Bouyer)

Vallée boisée du domaine subguinéen. Sol humifère (Niaye)
Au loin à droite, la dune sableuse.
M'Boro. — Juillet 1948.

Vocation culturale :

Ce sont essentiellement des terres à sorgho ou gros mil. Dans les régions méridionales plus humides, il semble que les cultures du Maïs et du Cotonnier y seraient possibles.

Végétation :

Dans les provinces occidentales du pays, une plante est nettement indicatrice, c'est l'*Acacia stenocarpa* ou Sourour des Ouolofs. On y rencontre aussi : *Tamarindus indica, Acacia Sieberiana.*

Dans les régions méridionales, *Combretum glutinosum* y est dominant comme dans les terrains sableux.

Enfin, dans les terres Ban des dépressions humides, on note souvent la présence de : *Mitragyna inermis, Diospyros mespiliformis, Ficus* divers.

c) CLASSE DES SOLS ARGILO-SABLEUX.

Pour les définir, il est possible de se référer à la classification de Lagatu qui ne tient compte que des éléments sable grossier, sable fin et argile dans le cas des terres non calcaires. En effet, au Sénégal, si l'on excepte les quelques sols calcaires et humifères, la somme : sables + argile est presque toujours supérieure à 90 p. 100 en raison des faibles teneurs en limon et matière organique. D'autre part, le sable fin y est presque toujours dominant, le sable grossier n'existant parfois qu'à l'état de traces. Cette classification admet que le passage des terres sablo-argileuses aux « terres fortes » a lieu pour une teneur en argile de 15 p. 100, lorsque le sable fin est prédominant. De même, elle établit le passage aux terres argileuses à 40 p. 100 d'argile. Nous avons adopté ces limites conventionnelles et nous appelons sols argilo-sableux ceux qui ont de 15 à 40 p. 100 d'argile, étant entendu que la teneur en limon est toujours faible (8 à 10 p. 100 au maximum).

Certains terrains « Dek » et « Ban » et certaines « terres noires » pourraient entrer dans cette catégorie; mais nous les avons étudiés avec les sols sablo-argileux, groupe auquel ils appartiennent le plus souvent; nous ne retiendrons ici que le genre « Fondé » de la vallée du Sénégal.

Le genre « Fondé » du pays Toucouleur.

Terres à Cotonnier et à Maïs de la vallée alluvionnaire du Fleuve Sénégal.

Le profil en travers de la vallée du Sénégal et la succession des terrains qu'on y rencontre ont été décrits maintes fois par les auteurs, et en particulier par Y. HENRY. Le schéma N° 12 reproduit succinctement cette topographie bien particulière.

Nous rappellerons les quelques faits suivants :

— les terrains Fondé se rencontrent dans toute la vallée du Sénégal, depuis Bakel jusqu'à Richard-Toll;

— ils sont intermédiaires au point de vue topographique entre le plateau sableux ou Dieri et les parties basses de la vallée, régulièrement inondées qui s'appellent Walo ou Holaldé.

— ils sont rarement atteints par la crue du fleuve;

— leur origine géologique est mixte : apports alluvionnaires du fleuve (argile, limon, sable fin) et apports éoliens (sables surtout);

— ils sont relativement compacts du fait de leur faible teneur en sable gossier;

— la teneur en matière organique permet de distinguer :
les « Fondé Ranéré » ou Fondé blancs qui sont les moins riches;
et les « Fondé Balleré » ou Fondé noirs qui sont les plus riches;

— on distingue aussi les « Fondé Togueré » qui sont les parties les plus hautes, jamais inondées et pauvres.

— les « Fondé » les plus élevés et jamais atteints par la crue sont cultivés en hivernage en mil, maïs ou coton.

Les parties les plus basses, qui sont parfois inondées, ne sont cultivées qu'en saison sèche, en mil.

Les essais effectués à la Station Agronomique de Diorbivol ont montré que ce genre de terrain pouvait constituer de bonnes terres à cotonnier, à condition d'y pratiquer l'irrigation.

d) CLASSE DES SOLS ARGILEUX.

Relativement peu répandus au Sénégal, ils sont soit d'origine autochtone :

— sols d'origine basaltique de la presqu'île du Cap Vert;

— « terres noires » (suf sû nûl des Ouolofs) de la région de Sébikhotane, formées sur les marnes crétacé-éocènes;

soit d'origine allochtone :

— terres de dépression (Ban en Ouolof), enrichies en colloïdes par le ruissellement;

— terres de la vallée du Fleuve Sénégal (Holaldé en Toucouleur), d'origine alluvionnaire:

— terres du delta du Saloum, alluvionnaires également.

a) **Sols argileux d'origine basaltique.**

Ils sont très peu importants, car les formations basaltiques sont rares au Sénégal; on les rencontre surtout dans la presqu'île du Cap Vert, à Ouakam, au pied des Mamelles, et sur la côte Sud de Dakar.

Ce sont des terrains d'aspect gris brun, parsemés de cailloux basaltiques, imperméables, compacts et peu évolués.

Les cultivateurs y récoltent uniquement du gros mil; mais il serait possible d'aménager des cultures potagères et même fruitières, en améliorant la structure physique du sol par un labour profond ou en apportant du terreau ou de la marne dans les trous de plantation d'arbres.

Les apports éoliens y sont d'ailleurs importants, et l'on passe assez rapidement des terrains argileux à d'autres sols, argilo-sableux ou sablo-argileux, de teinte rouge, nettement évolués parce que plus perméables.

b) Sols argileux de la vallée alluvionnaire du Sénégal : Genre « Holaldé » du Pays Toucouleur. Terres à rizières et à Gros Mil (Sorghum).

Le « Holaldé » est, comme l'indique le schéma N° 12, la partie inondable de la vallée du Sénégal; il existe dans toute la vallée depuis Bakel, mais il est surtout important en aval de Matam où il s'étend sur plusieurs kilomètres de largeur; à Richard-Toll, où commence le delta du fleuve, il occupe de vastes superficies.

La forme orographique la plus répandue est la plaine, immense et parfaitement horizontale. Mais on rencontre aussi des dépressions « Holaldé vindou » et, comme dans le Fondé, des parties plus hautes ou « Toguéré ».

Le « Holaldé typique » est d'origine presque exclusivement alluvionnaire; il est composé d'éléments fins — le sable grossier n'existant qu'à l'état de traces — et constitue une terre très dure, imperméable, se fissurant largement en saison sèche et très difficile à travailler; la teneur en argile y dépasse parfois 80 p. 100 et le sol devient alors incultivable.

Le « Waka Holaldé » ou « Wakadidiou », intermédiaire entre le Fondé et le Holaldé, est moins argileux, moins complet, plus facile à travailler, mais moins riche et constitue de médiocres terrains de culture (waka = vallée — didiou = mauvais).

La couche limoneuse est d'ailleurs d'épaisseur très variable; c'est ainsi qu'à Richard-Toll, à côté de terrains profonds (0 m. 80-1 m.), on en rencontre d'autres qui n'ont qu'une couche argileuse de 25 cm. d'épaisseur seulement, surmontant un sable marin presque pur; la culture irriguée du riz risque d'y être très coûteuse.

Les peuplements d'*Acacia scorpioides* (Gonakié) sont très abondants dans les Holaldés et semblent indicateurs des sols argileux. On y rencontre également des formations denses de *Vetiveria nigritana*, qui serait, selon Trochain, un stade intermédiaire entre la jachère et la savane à *Acacia scorpioides*.

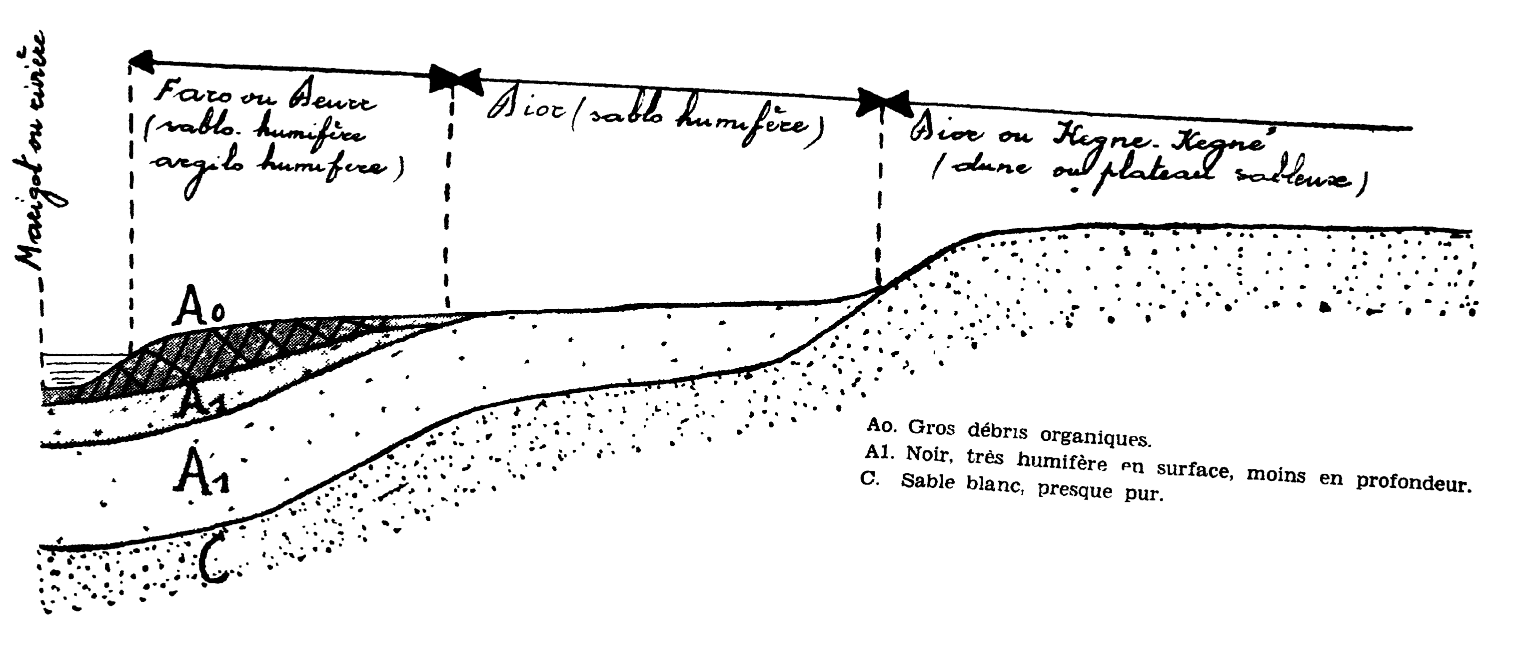
Les Holaldés sont des terres à rizière lorsque la teneur en argile n'y est pas excessive; après le retrait des eaux, on y cultive également les sorghos et le maïs.

e) CLASSE DES SOLS HUMIFERES.

On peut les grouper en deux sous-classes :

Sols sablo-humifères.

Sols argilo-humifères.



Ao. Gros débris organiques.
A1. Noir, très humifère en surface, moins en profondeur.
C. Sable blanc, presque pur.

SCHÉMA N° 13.
Profil en travers en terrain humifère.

Les premiers sont surtout représentés par les « Dior » noirs (Dior bû nûl des Ouolofs) qui sont les versants de vallées boisées; certains « Palé » de la vallée alluvionnaire du Sénégal, qui sont les berges du fleuve; et certains anciens « tannes », en partie dessalés et colonisés par des espèces végétales, qui s'y décomposent en donnant naissance à un horizon superficiel sablo-humifère.

Les seconds sont représentés par le fond des vallées très boisées : terre « Deurr » des Niayes entre Dakar et Saint-Louis; « Faro » dans les régions méridionales et par certains « Palé ».

Répartition géographique :

Ces terrains se rencontrent exclusivement dans les vallées très boisées des domaines guinéen et subguinéen décrits par TROCHAIN :

— galeries forestières du Sud du Sine-Saloum et du Cercle de Tambacounda :

ex. Faro de la vallée de Néma à Santamba (canton du Niombato — Sud du Sine-Saloum);

— Faro des vallées du Djikoye, du Bao-Bolon, du Nianimarou, de la Sandougou, du Nieri-ko, pour ne citer que les principales;

— Niayes bordant la côte entre Dakar et Saint-Louis :

ex. Niayes de Sangalkam,
de M'Boro,
de Lompoul.

Conditions orographiques :

On observe le plus souvent la distribution suivante dans un profil en travers de ces vallées :

— fond de la vallée : argilo-humifère;
c'est le Faro des Mandingues, et la terre Deurr des Ouolofs dans les Niayes.

— versants : sablo-humifères;
c'est le Dior noir.

— plateau ou dune : sableux ;
c'est le Dior des Ouolofs ou le Kegné-Kegné des Mandingues. (Voir schéma N° 13.)

Régime hydrographique :

Ces terrains sont généralement très humides, car ils bénéficient à la fois des eaux de ruissellement venant des dunes voisines en saison des pluies et des eaux permanentes de la rivière ou du marigot qui coule au fond de la vallée; ces dernières les inondent en saison des pluies, et les humectent pendant une grande partie de la saison sèche, la nappe phréatique étant peu profonde.

Le « Faro » du fleuve (dont le pluriel est « Palé ») est également très humide.



(Cl. Bouyer)

Sol salin (tanne) incultivable.
Palmarin (canton de N'Dangane). — Avril 1942.



(Cl. Bouyer)

Sol salin (tanne) en voie de dessalement.
Guilass (Loulle-Sessène). — Juin 1948.

Le facteur climatique :

Les chutes de pluies sont modérées dans les Niayes, beaucoup plus importantes dans les Faro du Sud du territoire.

Le degré hygrométrique est élevé du fait de la végétation dense et de la situation dans une vallée. Dans les Niayes, les brouillards et la rosée sont assez fréquents.

Ces terrains sont protégés des vents par les dunes voisines et par les Palmiers et les autres arbres de la vallée.

Le facteur biotique :

La végétation spontanée comporte essentiellement :

Elaeis guineensis,
Ficus sp.,
Landolphia sp.

et de nombreuses autres espèces décrites par TROCHAIN, dans les Niayes.

Dans les Faro du Sud du Sine-Saloum, on retrouve les mêmes espèces, avec également :

Daniellia Oliveri,
Khaya senegalensis,
Afrormosia laxiflora,
Erythrophleum guineense, etc.

Les facteurs édaphiques :

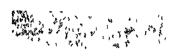
L'origine géologique est mixte :

substratum sableux, d'origine marine ou éolienne dans les Niayes, d'origine éolienne dans les Faro;
humification des débris végétaux en surface;
apports d'éléments colloïdaux et d'éléments chimiques enlevés aux dunes ou aux plateaux voisins.

L'évolution pédologique est peu accusée : ce sont des sols jeunes, intrazonaux, dont la formation se poursuit encore actuellement; on y constate les horizons classiques suivants :

Ao — gros débris végétaux non décomposés;
A1 — noir, très humifère;
C. — roche-mère sableuse.

Mais le déboisement accélère considérablement leur évolution : l'humus disparaît rapidement, et le processus d'illuviation vers les couches profondes des colloïdes, des bases et de l'oxyde ferrique, phénomène caractéristique des sols zonaux du Sénégal, s'y manifeste non moins rapidement; nous avons constaté le fait dans des concessions indigènes des Niayes des Sangalkam, qui ont tendance à se transformer en sable stérile.





(Cl. Bouyer)

Chenal d'eau salée remontant à l'intérieur des terres en saison sèche.
Sol salin (tanne). Près de Sokone. — Avril 1942



(Cl. Bouyer)

La mangrove (*Rhizophora racemosa* et *Avicennia nitida*) en bordure des sols salins (tannes).
N'Dangane — Avril 1942.



(Cl. Bouyer)

La mangrove (*Rhizophora racemosa* et *Avicennia nitida*)
Sol salin (tanne).
Pont de Diakel (Sokone). — Avril 1942.

Les conditions agrologiques sont les suivantes : terrains assez légers et perméables, très humides, convenant suivant la topographie aux cultures suivantes :

Riz — Bananeraies — Ananas — Cultures maraîchères dans les parties basses.

Cultures potagères et fruitières sur les versants. (Diors noirs et Falo).

Dans la région des Niayes, on note même quelques cultures d'arachide dans les parties les plus hautes des Diors noirs, à la limite entre le versant et la dune sableuse stérile.

On rencontre parfois des zones où la matière organique ne se décompose que lentement et s'accumule en donnant un horizon superficiel Ao très épais, d'aspect marécageux; ce sont des sols d'humus très acide, rendant parfois toute culture impossible; c'est ce que l'on observe dans certains terrains des Niayes de M'Boro.

f) CLASSE DES SOLS SALINS.

Répartition géographique :

Ils occupent des superficies importantes :

— dans le delta du Sénégal :
région du Diaël;
certaines zones des casiers de riziculture de Richard-Toll.

— dans le delta du Sine-Saloum :
ce sont les « tannes » des régions de : Kaolak — Fatick — Foundiougne — Fayl — Loulle-Sessène — Guilass — Femla — N'Dangane — Palmarin, etc.
Ils existent par taches dans les régions suivantes :

— en certains points très rares de la vallée du Sénégal; ce sont les terres « Boydé » des Toucouleurs, ce qui signifie terres mortes ou stériles;

— dans les Niayes, un peu partout, mais avec une salure relativement faible, qui n'empêche pas la culture dans la plupart des cas;

— dans la partie aval de vallées qui se rattachent au système hydrographique de la Gambie Anglaise :
Coular Bolon entre Coular et Saboya;
Bao Bolon au Sud de Nioro-du-Rip;
Nianimarou dan sa partie méridionale.

— dans certains marigots du cercle de Thiès et du Baol, vestiges d'anciens affluents du Sine avant qu'il n'ait atteint son stade de sénilité;

ex. marigot de M'Baba à Ker-Samba-Kane.
marigots de la partie occidentale du Baol (Dondoll) où les puits contiennent de l'eau saumâtre.
Mais dans l'ensemble, cette salure reste assez faible et les cultures sont possibles.



(Cl Bouyer)

Sol ferrugineux, dit « latéritique » (Niargo) : un affleurement de la cuirasse. Sagna (Sine-Saloum oriental). — Mai 1943.



(Cl. Bouyer)

Sol ferrugineux dit « latéritique » (Niargo) : une carrière dans la forêt claire. Région de Kaffrine. — Mai 1943.

Aux sols salins, on peut rattacher les « Mero » du pays Mandingue, qui sont de petites plages de terrain sans végétation, formant clairières, et qui sont vraisemblablement riches en sels, car les antilopes Cobas viennent y lécher la surface du sol.

Conditions orographiques et hydrographiques :

Nous étudierons surtout les « tannes » qui sont de beaucoup les plus importants. Ce sont généralement des plaines basses entourées de dunes ou de plateaux sableux. Ils sont inondés par les eaux de ruissellement venues de l'amont en saison des pluies; en saison sèche, au contraire, ils sont plus ou moins atteints par la remontée des eaux de mer. C'est sur ces considérations très simples que sont basés les travaux de dessalement entrepris dans ces régions par les Ingénieurs des Travaux Agricoles; on a construit des digues ou des barrages avec un déversoir suffisamment haut pour arrêter le flux marin dans sa marche ascendante, mais qui peut être franchi par les eaux douces dans leur marche descendante, au moment de leur crue. Ces eaux douces lessivent chaque fois le terrain en lui enlevant en particulier du sel Les premiers résultats sont encourageants, tout au moins au point de vue dessalement. La difficulté essentielle est de choisir convenablement l'endroit où doivent être édifiés les barrages, car le régime hydrographique de toute cette région est assez complexe.

Le facteur biotique :

Le « tanne » proprement dit est absolument nu, aucune végétation n'ayant la faculté de supporter des doses de sel aussi fortes (parfois plus de 50 p. 100).

ex. partie Sud du tanne de Guilass.

On observe cependant parfois des touffes de *Cyperus*, qui colonisent les petites buttes de terre situées au milieu du tanne et qui sont en partie dessalées par le ruissellement à très petite échelle qui s'effectue à leur surface.

ex. tannes de Palmarin et de Ker Diadiou.

En bordure, on rencontre presque toujours la Mangrove :

Rhizophora racemosa,

et *Avicennia nitida*.

Dès que la salure devient moins forte, le terrain est colonisé par une flore halophyte dont nous ne citerons que les espèces les plus typiques :

Tamarix gallica,

Suaeda maritima,

Borreria verticillata, etc.

C'est ainsi que l'on rencontre des peuplements très denses de *Borreria* dans des terrains contenant encore 20 p. 1000 de ClNa avec présence d'efflorescences blanches en surface.

ex. tanne de Fayl,

tanne de Guilass.



(Cl. Bouyer)

Station Expérimentale de l'Arachide à M'Bambey (Sénégal).



(Cl. Bouyer)

Travaux de dessalement des « tannes » :
la digue de Ker Diadiou (canton de N'Dangane),
avec son déversoir. Avril 1942.



(Cl. Bouyer)

Les débuts de la culture mécanique dans les « tannes ».
« Tanne » de Guilass. — Juin 1948.



(Cl Bouyer)

Secteur soudanais de Recherches Agronomiques à M'Bambey (Sénégal) : les laboratoires.



(Cl. Bouyer)

Station Expérimentale de M'Bambey : Parcelles d'essais d'engrais. — Juillet 1948.

Cette végétation dense se décompose sur place en donnant naissance à un horizon A. très humifère; il se forme ainsi assez rapidement un sol sablo-humifère, qui n'est cependant pas cultivable immédiatement, en raison de la faible épaisseur de la couche d'humus.

Les facteurs édaphiques :

Les tannes ont été formés par dépôt de sable et de sels effectué par la mer dans des cuvettes, des golfes ou des bras de rivière; l'exondation de ces terrains serait due à un mouvement de surélévation des côtes au Sud de Dakar; cette théorie n'est cependant qu'hypothétique, car on a prétendu, au contraire, qu'il y aurait eu à cet endroit affaissement des terres en raison de la présence de rias à l'embouchure du Saloum.

Quoi qu'il en soit, leur évolution pédologique et leurs caractères agrologiques sont assez complexes, à cause de la grande variété que l'on constate dans leur salure; nous avons déjà insisté sur ce point.

Vocation culturale :

Le « tanne » typique est incultivable. Avec les travaux de dessalement entrepris depuis 1940, on espère pouvoir en aménager bientôt une partie en rizières; car il existe dans les régions méridionales du Sénégal des variétés de riz, cultivées par les indigènes, qui sont assez résistantes au sel. On pourrait ainsi rendre à la culture des terrains jusqu'ici stériles, et dans une région où précisément les terres manquent, la province du Sine étant surpeuplée.

Mais il importe d'être très prudent dans cet effort d'ailleurs très louable de colonisation :

— d'abord, il ne faut pas vouloir aller trop vite, et laisser la terre arable humifère se former, ce qui exigera quelques années;

— ensuite, ces sols sont pauvres, étant donné qu'ils sont en majorité sableux, et que, d'autre part, ils ont été soumis au cours de leur dessalement à un lessivage important par les eaux de ruissellement; ils ne contiennent donc qu'une faible teneur en éléments fertilisants (K_2O et P_2O_5 surtout), et il est probable qu'ils ne resteront pas très longtemps productifs si on ne leur apporte pas de fumure.

g) CLASSE DES SOLS CALCAIRES.

Nous ne les citons ici que pour mémoire, car ils sont très rares. A part quelques affleurements de marnes dans le Cayor et le Baol, on ne les trouve guère que dans la région comprise entre Bargny et Sébikhotane.

ex. Profil N° 25 — Nord-Ouest Ecole de Sébikhotane : « terre noire »: 10,6 p. 100 de carbonates (CO_3Ca surtout).

Ce sont des terrains incultes, exploités pour la fabrication de la chaux.

On peut leur rattacher les terres des termitières qui contiennent souvent une proportion non négligeable de calcaire, remonté des couches profondes en surface par les termites :

ex. Profil 9s à la Station de M'Bambey : 1,1 p. 100 de CO_3Ca.

h) CLASSE DES SOLS FERRUGINEUX, DITS « LATERITIQUES ».

Le genre « Niargo » des Toucouleurs.

Les affleurements de la cuirasse ferrugineuse d'origine mioplio-cène sont très fréquents dans la partie orientale du territoire; ils apparaissent dans le Sine-Saloum oriental de chaque côté de la voie ferrée : •

Sagna, à l'Est de Kaffrine;

Sud-Est de Boulel;

N'Gadiaga et Maka Belal;

Gainte Paté au Sud de Malème-Hodar;

Maka Yop.

A mesure que l'on s'éloigne vers le Nord, la « latérite » disparaît en profondeur, recouverte par une couche sableuse de plus en plus épaisse :

ex. régions de N'Diobène-Ribot.

Il existe aussi des affleurements dans le Rip et le Niombato. Dans le Cercle de Tambacounda, ils sont plus étendus :

Kalonkadougou,

Koussanar,

Tambacounda, etc.

Ils se présentent soit sous forme de cuirasse compacte, soit sous forme de gravillons, utilisés pour l'entretien des routes et les constructions.

Ils ne portent aucune végétation et sont évidemment incultivables.

Lorsqu'une mince couche de terre les recouvre, ils portent une végétation rabougrie de *Combretum (glutinosum* et *micranthum)*, qui est, dans une certaine mesure, indicatrice de ce genre de sols; le *Combretum micranthum* (Kinkeliba) ne se rencontre dans le Baol que dans les endroits où la cuirasse ferrugineuse est peu profonde.

Les indigènes cultivent parfois du mil sur ces terres arables de 10 à 15 cm. de profondeur; mais la culture moderne ne peut pas s'en accommoder, car elles sont trop pauvres, et il faut pour les appareils un sol ayant au moins 0 m. 50 à 1 m. de profondeur; c'est là d'ailleurs la principale difficulté que l'on rencontre actuellement pour l'établissement des blocs de culture mécanique.

DEUXIEME PARTIE

ETUDES ANALYTIQUES AU LABORATOIRE LA COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS DU SENEGAL

Plusieurs centaines de profils, représentant les principaux types de sols du Sénégal, ont été soumis à l'analyse au laboratoire de chimie de M'Bambey; c'est dire que nous disposons d'une documentation abondante et très instructive. Les extraits de bulletins d'analyse que nous donnons en exemple fournissent la composition moyenne des terrains dans les diverses régions prospectées.

Nous rappellerons auparavant les méthodes d'analyse utilisées, ce qui n'est pas sans importance, car il est bien connu que les résultats peuvent varier parfois considérablement suivant les techniques employées.

I. — LA COMPOSITION DES TERRES ARABLES.

Le terme terre arable désigne généralement une couche superficielle de 20 à 25 cm. d'épaisseur; en réalité, c'est *l'horizon superficiel* (généralement A1 humifère) que nous envisageons ici.

Nous n'insisterons pas sur les fractions : cailloux et graviers qui sont le plus souvent inexistantes; dans la plupart des échantillons, on note 100 p. 100 de terre fine. Tout au plus, trouve-t-on des graviers dans les terres calcaires ou les terres « latéritiques », mais c'est en général dans les horizons du sous-sol.

A. — LE CONSTITUANT SABLEUX.

C'est un lieu commun de dire que l'immense majorité des terres arables du Sénégal sont des terres sableuses; ce fait mérite cependant d'être précisé sur certains points :

a) Variation de la teneur en sables totaux.

α) Avec l'origine du terrain :

Cette teneur est très élevée dans les régions où les apports éoliens ont été prédominants :

Diéri de part et d'autre de la vallée du Sénégal;

Dior, dans le Sénégal occidental;

Kegné-Kegné, dans le Cercle de Tambacounda.

Elle varie de 90 à 98 p. 100 (tableau VI).

TABLEAU V.

Méthodes d'analyse des sols utilisées à M'Bambey.

ANALYSES EFFECTUEES	METHODES UTILISEES	REMARQUES
I. *Analyse mécanique:* Argile: < 2 μ Limon: 2 à 20 μ Sable fin: 20 à 200 μ Sable grossier: 200 μ à 2 m/m	Méthode par sédimentation discontinue de l'Association Internationale de la Science du Sol avec décantations successives.	S'est révélée plus précise que la méthode pipette de Robinson pour l'appréciation de faibles différences de teneurs en argile (étude des terres à arachide - étude de l'illuviation des colloïdes).
II. *Analyse physique:*		
Humidité:	Dessiccation à l'étuve à 105°.	
Matière organique totale:	Calcination à haute température avec déduction de la perte au feu, de l'eau imputable à l'argile et du Co^2 des carbonates.	Résultats trop élevés dans le cas des sols à argile ferrugineuse, car la quantité d'eau combinée aux oxydes ferriques est supérieure à celle combinée à l'argile.
Humus:	Extraction par solution sodique faible et titrage manganimétrique.	L'extraction à l'oxalate d'ammonium (méthode Chaminade) donne des résultats plus faibles.
Carbonates terreux:	Calcimètre Bernard.	
III. *Réaction:*	Détermination du pH par méthode colorimétrique (trousse Bruère).	
IV *Analyse chimique:*		
Bases echangeables:	Déplacement à l'acétate d'ammonium.	
Eléments dits assimilables: P^2O^5:	Extraction nitrique de Dyer.	Les réactifs d'extraction semblent trop faibles pour l'étude des sols tropicaux; les tractions ainsi dosées semblent inférieures à celles qui sont réellement assimilables par les plantes cultivées.
K^2O:	Extraction par acide nitrique faible (méthode Schloesing-de Sigmond).	
Eléments fertilisants solubles aux acides forts: Azote:	Méthode de Kjeldahl.	
P^2O^5 — K^2O:	Extraction par acide nitrique fort à chaud.	
CaO — MgO:	Extraction par acide nitrique fort à chaud.	
Chlorures:	Méthode volumétrique de Mohr.	
F^2O^3:	Méthode de Demolon.	

TABLEAU VI.
Le constituant sableux dans les sols du Sénégal.

N^os d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols	Teneurs pour 100 gr. de terre fine: Sable grossier (200 μ à 2 mm)	Sable fin (20 à 200 μ)	Sables totaux	S.g. / S. totaux (*) × 100
61'	Bayak (Cercle de Louga) 13/12/1941	Fortement sableux (Dior rouge)	61,2	36,6	97,8	62,6
124 P.	Coki (Cercle de Louga) 9/ 3/1948	Fortement sableux (Dior rouge)	38,5	58,3	96,8	39,8
125 P.	M'Barick (Cercle de Louga) 10/ 3/1948	Fortement sableux (Dior rouge)	45,7	52,6	98,3	46,5
17 P.	Centre Expérimental de Louga 10/ 3/1942	Sableux (Dior)	47,3	48,2	95,5	49,5
1 R.	Richard-Toll 8/ 3/1948	Sableux (Diéri)	5,8	90,6	96,4	6,0
71 s.	Station Expérimentale de Bambey 5/ 4/1943	Sableux (Dior)	33,2	62,1	95,3	34,8
2 P.	Ngueyt-Séou (Cercle du Baol) 8/ 1/1942	Sableux (Dior)	44,3	51,6	95,9	46,2
26 P.	Santamba (Sud du Sine-Saloum) 17/ 4/1942	Sableux (Kegne-Kegné)	35,3	55,2	90,5	39,0
11 P.	Centre Expérimental de Nioro-du-Rip 17/ 2/1942	Sableux (Dior)	37,8	55,3	93,1	40,6
110	Maka (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegne-Kegné)	46,9	46,3	93,2	50,3
101	Netteboulu (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegné-Kegné)	50,8	37,6	88,4	42,4
43 P.	Centre Expérimental de Sinthiou-Malème 12/ 5/1942	Sableux (Kegné-Kegne)	39,4	53,6	93,0	57,5
25 P.	Néma (Sud du Sine-Saloum) 17/ 4/1942	Sableux (Kegné-Kegné)	30,4	60,6	91,0	33,4
69 P.	Ribot (Sine-Saloum oriental) 25/ 5/1943	Sableux (Dior)	32,7	59,3	92,0	35,5
18 Ka.	Bloc Expérimental de Kaffrine 14/ 4/1948	Sableux (Dek-Dior)	33,5	56,7	90,2	37,1
70 P.	Louga (Sine-Saloum oriental) 25/ 5/1943	Sableux (Dek-Dior)	31,9	58,8	90,7	35,2
13 s.	Station Expérimentale de Bambey 6/11/1940	Sableux (Dek-Dior)	34,3	58,2	92,5	37,1
1 P.	M'Bambey 7/ 1/1942	Sablo-argileux (Dek)	32,9	52,4	85,3	38,5
108	Colibantan (Cercle de Tambacounda) 1942	Sablo-argileux (N'Datou Banco)	7,4	69,2	76,6	9,6
58 P.	Vallée morte du Saloum à Kassasse 19/ 5/1943	Terre de dépression (Ban)	12,1	56,3	68,4	17,7
13 P.	Nioro-du-Rip 18/ 2/1942	Terre de dépression (Ban)	10,2	51,3	61,5	16,6
104	Dialacoto (Cercle de Tambacounda) 1942	Terre de dépression (Ban)	17,9	50,7	68,6	26,1
6	Station Agronomique de Diorbivol 1940	Argilo-sableux (Fondé Ranéré)	traces	77,3	77,3	traces
7	Station Agronomique de Diorbivol 1940	Argilo-sableux (Fondé Balléré)	traces	78,3	78,3	traces
57	Station de Guédé 1940	Argilo-sableux (Fondé Ranéré)	4,4	56,5	60,9	7,2
4 R.	Richard-Toll 8/ 3/1948	Argileux (Holaldé)	6,9	49,9	56,8	12,1
44	Station de Guédé 1940	Argileux (Holaldé)	1,2	8,3	9,5	12,6
57 P.	Au pied des Mamelles (Presqu'île du Cap Vert) 7/2/43	Argileux, d'origine basaltique	20,8	24,3	45,1	46,1

(*) Pourcentage de sable grossier dans les sables totaux $\frac{\text{S. g.}}{\text{S. totaux}} \times 100$.

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols	Teneurs pour 100 gr. de terre fine			$\frac{S.g}{S.\ totaux\ (*)} \times 100$
			Sable grossier (200 μ à 2 mm)	Sable fin (20 à 200 μ)	Sables totaux	
25	Sébikhotane (Cercle de Rufisque) 24/ 1/1941	Argileux (suf su nûl = terre noire	15.7	24,1	39,8	39,4
21 P.	Santamba (Sud du Sine-Saloum) 16/ 4/1942	Humifère (Faro)	3,4	27,0	30,4	11,2
46 P.	Sangalkam (Cercle de Rufisque) 8/ 2/1943	Humifère (Niaye)	36,4	25,0	61,4	59,3
	Ker Diadiou (Sine-Saloum occidental) 20/ 4/1942	Sol salin (Tanne)	57,6	40,1	97,7	59,0
109 P.	Fayl (Sud-Ouest de Fatick) 9/ 4/1948	Sol salin (Tanne)	25,5	58,4	83,9	30,4
71 P.	Sagna, Est Kaffrine (Sine-Saloum oriental) 26/ 5/1943	Ferrugineux, d'origine « latéritique » (Niargo)	32,0	56,0	88,0	36,4

Dans les régions où le sol résulte du mélange d'apports éoliens sableux et de formations autochtones (décomposition de marnes ou de grès argileux situés à faible profondeur), on note de 75 à 90 p. 100 de sable; on a alors affaire à des sols sablo-argileux :

Dek en pays Ouolof et Sérère;

Bancofing en pays Mandingue.

Les terrains d'origine alluviale, formés par apport d'éléments fins, contiennent moins de sable (toujours moins de 20 p. 100); ce sont des terrains sablo-argileux ou argilo-sableux :

Fondé de la vallée du Sénégal;

Ban des Ouolofs;

ou argileux :

Holaldé de la vallée du Sénégal.

Les sols d'origine autochtone, résultant de la décomposition de marnes ou de roches éruptives, sont généralement argilo-sableux ou argileux :

Terres noires de la région Rufisque-Sébikhotane;

Terres basaltiques de la presqu'île du Cap Vert.

En terrain humifère, la teneur en sable est très variable :

Sols argilo-humifères dans les dépressions :

Faro en pays Mandingue;

Niayes sur la côte.

Sols sablo-humifères sur sable d'origine marine :

versants des Niayes.

Enfin, nous classons à part les sols salins dénommés tannes; ils sont généralement sableux (80 à 98 p. 100), car ils se sont formés sur une épaisse couche de sable d'origine marine.

β) *Avec le degré d'évolution du terrain :*

La teneur en sables totaux augmente avec le degré de dégradation du terrain; tout le Nord-Ouest du Sénégal est fortement sableux:

95 à 98 p. 100 dans la région de Louga; le fait est imputable au déboisement consécutif aux cultures d'arachide datant de plus de cinquante ans; l'érosion pluviale ou éolienne ne rencontrant plus d'obstacle a agi au maximum : cas des Dior rouges, étudiés par AUBERT.

On note même près de 100 p. 100 de sable au sommet des dunes vives situées entre la voie ferrée Thiès-Saint-Louis et la côte; mais il s'agit alors de sols squelettiques, incomplètement développés par absence d'éléments colloïdaux, et impropres à toute culture.

Dans les régions où la culture est plus récente :

Baol,
Sine-Saloum,
Cercle de Tambacounda,

la dégradation des terres par départ des éléments fins est moins accentuée, et la teneur en sable est sensiblement plus faible : 90 à 95 p. 100; la moyenne pour une cinquantaine d'échantillons prélevés dans les parcelles de la Station de M'Bambey est de 95 p. 100.

La différenciation « horizontale » des sols, provoquée par le ruissellement, et qui se traduit par un classement des particules minérales par ordre de grosseur décroissante depuis le sommet des dunes jusqu'au fond des dépressions, est un phénomène bien connu des cultivateurs sérères et ouolofs, et c'est pour cette raison qu'ils distinguent un genre intermédiaire, le Dek-Dior.

Voici un exemple typique de cette différenciation, relevé sur la Station de M'Bambey :

Numéros d'analyse	Genres de terrains	Teneurs pour 100 grammes de terre fine		
		Sables totaux	Limon	Argile
71s	Dior	95.3	0,7	3 7
13s	Dek-Dior	92,5	0,7	6,0
33s	Dek	89,7	1,4	7,8

b) Variation des proportions respectives de sable grossier et de sable fin.

α) Avec l'origine du terrain :

D'une façon assez générale, dans les sols d'origine éolienne, les sables grossiers entrent dans une proportion de 30 à 50 p. 100 des sables totaux :

40 à 50 p. 100 dans le Cayor et le Cercle de Tambacounda,

30 à 40 p. 100 dans le Baol et le Sine-Saloum.

Dans les sols d'origine alluvionnaire (apports par les fleuves ou par le ruissellement), cette proportion est beaucoup plus faible :

15 à 30 p. 100 dans les dépressions (Ban).

5 à 15 p. 100 dans la vallée alluvionnaire du Sénégal (parfois même seulement des traces).

Le fait s'explique aisément, car au cours de leur transport par les eaux, les particules les plus grossières restent difficilement en suspension et se déposent assez rapidement; c'est pourquoi à Diorbivol, à Guédé et à Richard-Toll, dans la vallée du Sénégal, la quantité de sable grossier est si faible.

Au contraire, les sols de tannes, à l'embouchure du Saloum, qui sont d'origine marine, ont de 30 à 60 p. 100 de sable grossier.

β) *Avec le degré d'évolution du terrain :*

Dans les sols sableux dégradés la proportion de sable grossier augmente :

ex. N° 61' — Dior rouge de Louga :
62,6 p. 100 de sable grossier.

Le fait a été mis en évidence par AUBERT.

Ces diverses considérations ne sont d'ailleurs pas sans importance au point de vue pratique. Les terrains contenant une forte proportion de sable grossier (Cayor) seront les plus perméables et les plus légers, et l'arrachage des arachides y est très facile; d'autre part, le réseau capillaire y est moins développé et l'évaporation de l'eau du sous-sol ainsi que la remontée des solutions salines y sont plus réduites.

Dans les sols alluvionnaires de la vallée du Sénégal, qui sont déjà très lourds du fait de leur forte teneur en argile, la compacité est encore accrue du fait de la faible quantité de sable grossier; d'autre part, les phénomènes de remontée capillaire y sont beaucoup plus actifs, et leur évolution est beaucoup plus lente.

c) **Analyse minéralogique.**

Les essais de séparation des espèces minérales par la méthode des liqueurs lourdes nous ont montré que les sables du Sénégal sont constitués presque exclusivement de grains de quartz.

Traités au préalable par l'acide chlorhydrique à chaud en vue de les décaper de leur enduit ferrugineux, puis lavés à l'eau plusieurs fois, ils restent presque intégralement en suspension dans le bromoforme de densité 2,9.

Les traces de minéraux plus denses que 2,9 et qui se séparent sont des minerais titanifères (ilménite vraisemblablement); ils se séparent sous forme de grains noirs, émoussés, de 150 à 400 π de dimensions. Ils existent d'ailleurs presque partout :

dans les sables marins des tannes;
dans les sables d'origine éolienne de Louga;
dans ceux du centre et de l'Est du pays, peut-être d'origine fluviatile;
dans ceux de la vallée alluvionnaire.

Dans ces deux derniers cas, ils sont d'ailleurs moins arrondis que dans les régions occidentales.

Ils sont nettement plus abondants dans la région de Kaffrine.

La portion restant en suspension dans le bromoforme, qui est de beaucoup la plus importante, traitée ensuite par un mélange de 4/5 de bromoforme et 1/5 de chloroforme dont la densité est 2,6 se dépose intégralement; sa densité est donc supérieure à 2,6 et l'on en déduit que c'est du quartz.

En aucun cas, nous n'avons trouvé d'espèces minéralogiques de densité inférieure à 2,6.

Les sables des sols sénégalais sont donc constitués :

de traces de minerais titanifères, et d'une très forte proportion de grains de quartz, plus ou moins recouverts d'un enduit ferrugineux.

Au point de vue pratique, il en résulte que ce constituant sableux ne peut jouer dans les sols qu'un rôle physique de support, et qu'il ne faut rien attendre de sa décomposition au point de vue libération d'éléments fertilisants.

d) **Morphologie des sables du Sénégal. Déductions quant à leur origine.**

A. CAILLEUX, dans son mémoire : *Les actions éoliennes périglaciaires en Europe*, distingue trois types principaux de grains de quartz dans les formations sableuses :

— Grains non usés, ne portant pas de traces nettes d'usure mécanique;

— Grains émoussés luisants, à forme anguleuse mais à sommets et arêtes émoussés; usure due à l'action de l'eau (fleuve ou mer);

— Grains ronds mats, à forme arrondie ou du moins fortement émoussée; aspect mat dû à ce que la surface est criblée d'un très fin picotement; façonnement éolien.

En s'aidant de ces travaux, on peut reconnaître l'existence dans les sables du Sénégal, des types suivants :

— Grains de quartz ronds ou fortement émoussés;

— fort pourcentage dans les régions suivantes :
Cayor (Louga) — Schéma N° 14 — I.
Baol (M'Bambey) — II.

— pourcentage plus faible :
dunes vives entre Dakar et Saint-Louis;
région de Sébikhotane;
Nord-Ouest du Cercle de Tambacounda (Sill).

Ce sont d'ailleurs surtout les gros grains (sable grossier) qui sont arrondis; dans les sables fins le pourcentage est nettement moins élevé.

ex. schéma N° 14 — III et IV.

Dimensions des grains ronds : de 600 à 800 μ surtout.
Origine éolienne très nette.

– Grains émoussés, à forme anguleuse :
  — un certain pourcentage dans les régions précédentes, surtout dans les sables fins;
  — fort pourcentage dans les régions suivantes :

Vallée du Sénégal (Richard-Toll — Tableau N° 14 — V);
Sols salins du Sine-Saloum (Fatick) — Tableau N° 14 — VI);
Sine-Saloum oriental;
Cercle de Tambacounda.

Les sables de Richard-Toll sont constitués presque uniquement de grains très fins (de 20 à 50 μ), très anguleux, peu usés; ceux de Diorbivol, station située également dans la vallée du Sénégal, mais beaucoup plus en amont, présentent des formes intermédiaires entre celles de Louga et celles de Richard-Toll; les sables de Richard-Toll doivent être d'origine marine; ceux de Diorbivol d'origine mixte : fluviatile et éolienne.

Les sables des tannes doivent être d'origine mixte : marine surtout, et éolienne.

Il est remarquable que, dans tout le Sine-Saloum oriental et une partie du Cercle de Tambacounda, les grains sont très peu usés, tout au plus légèrement émoussés :

ex. à Kaffrine — Kassasse;
Koungheul — Sinthiou-Malème.

Ils sont probablement d'origine fluviatile, ce qui s'explique aisément par la présence d'un ancien réseau hydrographique très dense dans ces régions : Saloum — Nianimarou — Sandougou et leurs affluents.

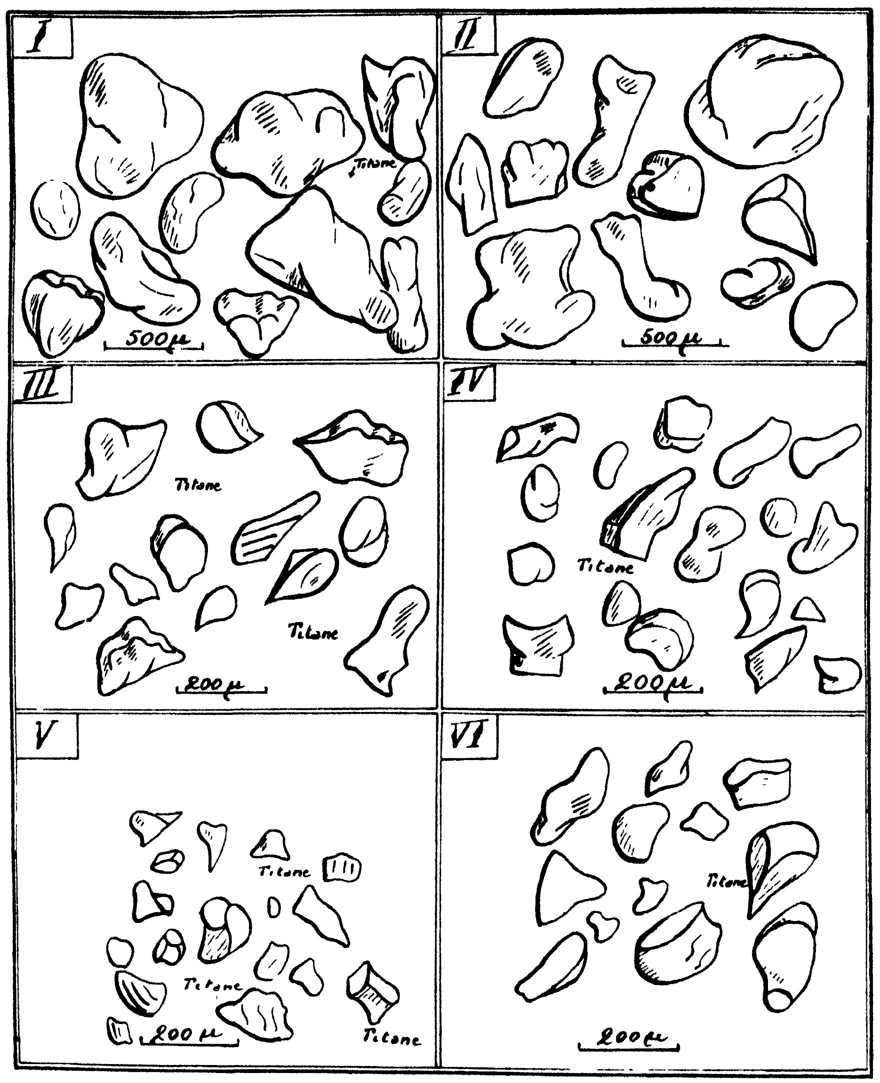
B. — LA FRACTION LIMON.

On sait que, conventionnellement, cette fraction de l'analyse mécanique désigne les particules de dimensions comprises entre 2 et 20 μ. Elle est, dans l'ensemble, peu importante; les teneurs sont les suivantes (tableau VII) :

— sols sableux : 0 à 4 p.100 :
  — très faible dans le Sénégal occidental (Cayor — Baol) : moins de 1 p. 100;
    la moyenne d'une cinquantaine d'échantillons de la Station de M'Bambey est 0,7.
  — de 1 à 2 p. 100 dans le Sud du Sine Saloum et le cercle de Tambacounda;
  — de 2 à 4 p. 100 dans le Sine-Saloum oriental.
— sols alluvionnaires de la vallée du Sénégal :
  — teneur variable, mais pouvant atteindre 10 p. 100.
— sols de dépression : c'est là que les teneurs sont les plus fortes : jusqu'à 20 et parfois même 30 p. 100; mais c'est assez exceptionnel.

SCHÉMA N° 14.

Etude morphologique des Sables du Sénégal.



I. Sable grossier de Louga.
II. Sable grossier de M'Bambey.
III. Sable fin de Louga.
IV. Sable fin de M'Bambey.
V. Sable fin de Richard-Toll.
VI Sable fin des « Tannes »

Les faibles teneurs notées dans les sols sableux contribuent à les rendre encore plus pauvres; en effet, nous avons signalé que le constituant sableux est représenté presque uniquement par du quartz, minéral qui ne contient aucune réserve en élément nutritif et qui ne peut être l'origine d'aucun enrichissement du sol par suite de sa décomposition; le limon lui-même n'est pas le siège de réserves nutritives importantes, puisqu'il existe en très faible quantité; d'ailleurs, il semble constitué lui aussi en majorité de très fines particules de quartz. Les roches à partir desquelles les apports éoliens ou fluviatiles se sont opérés devaient être à un degré d'altération très avancé pour que les éléments transportés soient presque uniquement du quartz.

C. — LA FRACTION ARGILE.

L'argile est l'un des éléments fondamentaux de la structure et de la composition des sols, et ce fait se vérifie au Sénégal mieux que partout ailleurs; en effet, la teneur en matière organique est le plus souvent faible et c'est surtout du colloïde minéral que dépend le pouvoir absorbant; d'autre part, la fraction limon est également très peu importante et la structure du sol, ses propriétés mécaniques et physiques sont étroitement liées au taux d'argile; enfin, le calcaire est presque toujours inexistant.

La classification agrologique que nous avons adoptée :

— sols sableux : moins de 7 p. 100 d'argile;
— sablo-argileux : de 7 à 15 p. 100;
— argilo-sableux : de 15 à 40 p. 100;
— argileux : plus de 40 p. 100;

et qui est basée, comme on le voit, sur la teneur de cet élément, présente une réelle valeur pour les sols du Sénégal; ces limites conventionnelles sont celles qui règlent dans la pratique la répartition des principales cultures :

Arachide dans les sols sableux (Dior — Dek-Dior — Kegné-Kegné) qui ont toujours moins de 7 p. 100 d'argile (Tableau VII);

Petit mil (*Pennisetum*) dans les mêmes sols;

Gros mil (*Sorghum*) dans les sols sablo-argileux et argilo-sableux;

Cotonnier également;

Riz dans les sols argilo-sableux ou surtout argileux.

a) Remarques sur la variation du taux d'argile.

α) Avec l'origine du terrain :

Les sols d'origine éolienne en contiennent très peu, presque toujours moins de 5 p. 100; ce sont essentiellement des sols sableux (tableau VII). Ceux qui sont d'origine alluvionnaire, au contraire, en contiennent une forte proportion : presque toujours plus de 40 p. 100.

ex. Guédé : Profil N° 45 : 56,1.
Profil N° 44 : 85,2.

Entre ces deux extrêmes, il existe tous les intermédiaires, ayant une origine mixte :

Origine éolienne + origine alluviale :
Dek-Dior : 5 à 7 p. 100,
Ban : 10 à 50 p. 100.

Origine éolienne + origine fluviatile :
Fondé : 15 à 40 p. 100.

Origine éolienne + origine autochtone (décomposition de la roche-mère sous-jacente) :
sols d'origine basaltique,
terres noires de Sébikhotane.

Il faut mentionner à part les sols humifères, dans lesquels à l'alluvionnement minéral (argile et limon apportés par le ruissellement) s'ajoute le dépôt de substances organiques; ces terrains sont le plus souvent sablo-humifères sur les versants, et argilo-humifères au fond des vallées.

Enfin, les sols salins d'origine marine sont le plus souvent sableux ou sablo-argileux : moins de 15 p. 100 d'argile.

β) *Avec le degré d'évolution du terrain :*

Nous pourrions répéter ici les remarques qui ont été faites au sujet de la teneur en sables, les conclusions étant évidemment inverses: les sols cultivés depuis de longues années, déboisés, dégradés par érosion ou par lessivage sont moins riches en argile qu'ils ne l'étaient à l'origine : cet élément a migré soit vers un horizon d'accumulation dans le sous-sol, soit vers les parties basses.

b) **Observations sur la composition et la structure des argiles.**

La capacité de saturation des argiles atteint dans la plupart des sols du Sénégal 100 milliéquivalents pour 100 grammes; elle est même souvent supérieure; il semble donc que ces argiles doivent être rattachées au groupe de la montmorillonite, de formule 4 SiO^2, Al^2O^3, H^2O; il serait utile de le vérifier par l'analyse thermique.

Mais à défaut d'analyse thermique, l'analyse chimique donne des précisions intéressantes; en effet, l'attaque des argiles par l'acide sulfurique concentré permet de déterminer leurs teneurs en silice, alumine et fer.

Voici un exemple :

Profil 61', sol sableux (Dior rouge) dégradé, de la region de Louga :

Si l'on admet que l'argile est sous forme de montmorillonite, le calcul montre qu'il existe encore dans les horizons A1 et B1 un excès de silice par rapport à l'alumine; cet excès peut se trouver soit à

TABLEAU VII.
Les fractions argile et limon dans les sols du Sénégal.

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols	Teneurs pour 100 gr. de terre fine: Argile (< 2 μ)	Limon (2 à 20 μ)
61'	Bayack (Cercle de Louga) 13/12/41	Fortement sableux (Dior rouge)	1,6	0,3
124 P.	Coki (Cercle de Louga) 9/ 3/48	Fortement sableux (Dior rouge)	2,0	0,7
17 P.	Centre Expérimental de Louga 10/ 3/42	Sableux (Dior)	3,4	0,9
1 R.	Richard-Toll 8/ 3/48	Sableux (Diéri)	2,3	1,1
71 s.	Station Expérimentale de Bambey 8/ 5/42	Sableux (Dior)	3,7	0,7
2 P.	Ngueyt-Séou (Cercle du Baol) 8/ 1/42	Sableux (Dior)	2,8	0,3
26 P.	Santamba (Sud du Sine-Saloum) 17/ 4/42	Sableux (Kegné-Kegné)	5,6	1,9
11 P.	Centre Expérim. de Nioro-du-Rip 17/ 2/42	Sableux (Dior)	5,1	1,0
110	Maka (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegné-Kegné)	4,3	1,7
101	Netteboulou (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegné-Kegné)	6,1	4,5
43 P.	Centre Exp. de Sinthiou-Malème 12/ 5/42	Sableux (Kegné-Kegné)	3,5	2,5
25 P.	Néma (Sud du Sine-Saloum) 17/ 4/42	Sableux (Kegné-Kegné)	5,8	1,0
69 P.	Ribot (Sine-Saloum oriental) 25/ 5/43	Sableux (Dior)	5,4	1,7
7 Ka.	Bloc Expérimental de l'arachide de Boulel-Kaffrine 14/ 4/48	Sableux (Dior)	3,8	4,1
18 Ka.	Bloc Expérimental de l'arachide de Boulel-Kaffrine 14/ 4/48	Sableux (Dek-Dior)	5,4	3,3
70 P.	Loure (Sine-Saloum oriental) 25/ 5/43	Sableux (Dek-Dior)	5,8	2,7
13 s.	Station Expérimentale de Bambey 6/11/40	Sableux (Dek-Dior)	6,0	0,7
1 P.	M'Mambey 7/ 1/42	Sablo-argileux (Dek)	13.1	traces
108	Colibentan (Cercle de Tambacounda) 1942	Sablo-argileux (N'Datou Banco)	14,4	6,9
58 P.	Vallée morte du Saloum à Kassasse 15/ 5/43	Argilo-sableux (Ban)	20,9	8,9
13 P.	Nioro-du-Rip 18/ 2/42	Argilo-sableux (Ban)	22,8	11,5
104	Dialocoto (Cercle de Tambacounda) 1942	Argilo-sableux (Ban)	19,1	8,3
6	Station Agronomique de Diorbivol 1940	Argilo-sableux (Fondé Ranéré)	17,0	4,6
7	Station Agronomique de Diorbivol 1940	Argilo-sableux (Fondé Balléré)	14,5	5,3
57	Station de Guédé 1940	Argilo-sableux (Fondé Ranéré)	27,8	8,9
20	Diam Nadia (Cercle de Rufisque) 22/ 1/41	Argileux (Ban)	51,7	1,4
44	Station de Guédé 1940	Argileux (Holaldé)	85,2	5,3
45	Station de Guédé 1940	Argileux (Holaldé)	56,1	10,7
57 P.	Au pied des Mamelles (Presqu'île du Cap-Vert) 7/ 2/43	Argileux, d'origine basaltique	40,6	12,0
25	Sébikhotane (Cercle de Rufisque) 24/ 1/41	Argileux (« terre noire »)	46,0	2,5
9 P.	Bao-Bolon (Nioro-du-Rip) 16/ 2/42	Argilo-humifère (Faro)	36,6	10,8
21 P.	Santamba (Sud du Sine-Saloum 16/ 4/42	Argilo-humifère (Faro)	38,0	8,2
46 P.	Sangalkam (Cercle de Rufisque) 8/ 2/43	Argilo humifère (Niayes)	31,1	0,2
32 P.	Ker Diadiou (Sine-Saloum occidental) 22/ 4/42	Sol salin (Tanne)	0,9	0,7
109 P.	Fayl (S. W. Fatick) 9/ 4/48	Sol salin (Tanne)	10,4	4,0
71 P.	Sagna (Est de Kaffrine) 26/ 5/43	Ferrugineux (Niargo)	13,1	2,0

l'état libre, soit sous forme de complexe ferrisilicique, étant donné la teneur en Fe^2O^3 de l'argile.

L'horizon B2, au contraire, présente un excédent de Al^2O^3; il faut alors admettre ou bien que dans cet horizon l'argile n'est pas intégralement sous forme de montmorillonite, et qu'une partie se

Horizons	Teneurs pour 100 grammes de terre fine					
	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Montmorillonite calculee	Excédent de SiO^2	Excédent de Al^2O^3
A1 — 0 à 25 cm. gris rougâtre	1,60	0,22	0,18	0,73	1,08	—
B1 — 25 à 60 cm. rougeâtre.......	1,09	0,24	0,47	0,85	0,53	—
B2 — 60 cm. a 1 m. rouge..	0,89	0,57	0,41	1,33	—	0,20

trouve par exemple sous forme de kaolinite qui contient beaucoup moins de silice; ou bien qu'il existe de l'alumine à l'état libre.

Nous avons repris cette étude récemment au laboratoire de façon plus complète; certains résultats présentent un intérêt considérable en ce sens qu'ils sont tout à fait inattendus; nous ne pouvons malheureusement pas les publier ici, car ils ne sont que partiels.

c) **Intérêt pratique de l'étude de la teneur en argile.**

α) Arachide et teneur en argile :

C'est un facteur essentiel de la fertilité des terres à arachide; chacun sait, en effet, que cette plante exige des sols très peu compacts pour pouvoir y enfoncer ses gynophores et y former ses gousses; d'autre part, si l'arrachage s'effectue par temps sec, un sol compact sera très dur et il y aura de nombreux « restes en terre », ce qui influe grandement sur le rendement. Nous avons pu observer dans les parcelles d'essais de la Station de M'Bambey et des Centres expérimentaux du Sénégal les faits suivants :

— Centre Expérimental de Nioro-du-Rip :
terrain 11P : très bon rendement — 5,1 p. 100 d'argile (Dior);
terrain 12P : rendement moyen — 7,9 p. 100 (Dek-Dior).

— Station Expérimentale de M'Bambey (parcelles d'essais d'engrais 1940) :

Parcelles	*Rendement/hectare*	*Argile p.100*
9	1.117,5 kg.	6,3
12	842,5 kg.	8,4
1	698,5 kg.	10,6
19	506 kg.	12,2

Des observations identiques ont été faites à Louga et à Sinthiou-Malème.

D'autre part, les cultivateurs Ouolofs et Sérères savent par expérience que les terrains Dek (7 à 15 p. 100 d'argile) ne donnent que des rendements médiocres et ils les réservent généralement pour la culture du gros mil.

On peut donner en première approximation les teneurs limites suivantes :

Argile : 2 à 5 p. 100 (Dior — Kegné-Kegné) : Rendement optimum.

» : 5 à 7 p. 100 (Dek-Dior) : Diminution de rendement.

» : supérieure à 7 p. 100 (Dek) : Diminution de rendement qui peut atteindre 50 p.100.

» : < 2 p. 100 (sols fortement sableux) : la culture est encore possible, mais le rendement est évidemment assez faible; en effet, un minimum d'élément colloïdal est nécessaire pour permettre la constitution d'agrégats, l'absorption de principes fertilisants en quantité suffisante, l'instauration de l'activité microbiologique, et enfin le pouvoir de rétention pour l'eau.

Ce minimum doit être d'ailleurs très faible : en effet, SAGOT a montré en 1933 et 1934 que, dans l'espace d'un an, du sable stérile se régénère suffisamment par contact avec les éléments extérieurs, pour permettre le développement de l'arachide; il n'est pas douteux que la quantité de colloïde argileux ainsi apportée par le vent doit être très faible; l'arachide cependant peut déjà y pousser.

Il est évident que ces données sont en partie théoriques pour plusieurs raisons :

— la compacité du sol dépend aussi des teneurs en sable fin, limon, matière organique;
— à compacité égale, deux terrains peuvent présenter une richesse différente et par la suite donner des rendements différents; etc.

et qu'elle ne peuvent s'appliquer que dans le cas de la culture indigène, qui se fait entièrement à la main; il est probable que les opérations de préparation du terrain, de binage et d'arrachage, exécutées mécaniquement, rendront le sol plus meuble et l'arrachage plus facile et pourront permettre ainsi l'utilisation des sols sablo-argileux (contenant jusqu'à 15 ou 20 p.100 d'argile).

β) *Riziculture et teneur en argile :*

La riziculture avec irrigation exige des sols argileux assez profonds; à Richard-Toll, par exemple, les terrains ayant moins de 30 p.100 d'argile et dont la formation sableuse sous-jacente se trouve à moins de 0 m. 40 de profondeur sont considérés comme inutilisables, car la consommation en eau d'irrigation serait trop forte et la dépense prohibitive.

γ) *Autres cultures :*

Le Sorgho et le Cotonnier ont une préférence marquée pour des teneurs moyennes en argile (sols sablo-argileux ou argilo-sableux); les sols sableux sont trop légers, retiennent insuffisamment l'eau et sont trop pauvres en bases échangeables; tandis que les sols argileux sont trop compacts.

D. — LES CARBONATES ALCALINO-TERREUX.

On rencontre du calcaire :

a) dans les « terres noires » de la région de Bargny-Sébikhotane :

ex. Profil N° 20 : Diam Nadia (terre Ban) : 0,6 p. 100 de CO_3Ca;
Profil N° 22 : Sébikhotane (terre Ban) : 6,6 p. 100 de CO_3Ca;
Profil N° 25 : N.W. école Sébikhotane (terre noire) : 10,6 p. 100 de CO_3Ca;
Profil N° 27 : Ndiago (terre noire) : 5,6 p. 100 de CO_3Ca.

C'est d'ailleurs un mélange de CO_3Ca et de CO_3Mg que l'on rencontre dans cette région.

b) dans certaines autres régions du Sénégal où les formations calcaires éocènes ou crétacé-éocènes affleurent :

ex. Poches de marnes à la Station de M'Bambey :
66s : 26,9 p. 100 de CO_3Ca;
67s : 9,8 p. 100 de CO_3Ca;
68s : 38,76 p. 100 de CO_3Ca.
— Marnière au Centre Expérimental de Louga : 30,8 p.100 de CO_3Ca.

c) dans certaines termitières :

ex. 9s : Station de M'Bambey : 1,1 p. 100 de CO_3Ca.

d) dans certains sols salins :

ex. Profil N° 38 : Marigot de Ker Samba Kane : 0,90 p.100 de CO_3Ca.
Profil N° 41 : Marigot de Ker Samba Kane : 2,90 p.100 de CO_3Ca.
Profil N° 34 : Niaye de Boulgène (Lompoul) : 0,15 p.100 de CO_3Ca.

E. — LE CONSTITUANT ORGANIQUE.

L'étude de ce constituant nous amène à diviser les sols du Sénégal en deux grands groupes :

— les sols minéraux, qui sont de beaucoup les plus répandus, et qui contiennent presque toujours moins de 2 p.100 de matière organique;

— les sols humifères qui occupent des superficies très restreintes, et dont la teneur peut atteindre 50 p.100.

Dans les premiers, le taux organique est faible pour les raisons suivantes :

— humification et nitrification rapides en raison des conditions climatiques, d'une part, et en raison de la porosité et de la perméabilité du sol d'autre part;

— densité de la végétation faible dans les régions septentrionales;

— défrichements excessifs en vue de la culture;

— culture sans jachère, ni engrais vert, ni fumure;

— faible résidu laissé dans le sol par l'arachide, car pour arracher les gousses, on coupe presque tout le système radiculaire;
— sol nu pendant la saison sèche suivant une culture d'arachide, car il n'y a souvent aucune pluie après la récolte et aucune plante spontanée ne peut se développer;
— destruction par les termites;
— érosion pluviale.

Les seconds, au contraire, sont situés dans des vallées étroites à végétation dense : ce sont les galeries forestières et les Palmeraies des domaines guinéen et subguinéen, qui accumulent sur place une forte quantité de débris organiques, dont l'humification et la nitrification sont ralenties par la compacité du sol (souvent argilo-humifère) et son humidité excessive.

a) Variations de la teneur en matière organique totale.

α) Avec la densité de la végétation :

Nous avons signalé précédemment la corrélation qui existe entre la latitude et la végétation (Carte N° 2). La même corrélation existe entre la latitude et la richesse organique des sols, toutes choses égales d'ailleurs.

L'exemple le plus typique est celui des sols sableux :

— régions septentrionales (Diéri du Fleuve — Dior du Cayor) correspondant au domaine sahélien défini par TROCHAIN, avec savane arbustive ou arborée : 0,3 à 0,7 p.100 de matière organique totale avec 0,1 à 0,2 p.100 d'humus;
— régions centrales (Dior du Baol, du Sine, du Nord-Est du Sine-Saloum) correspondant au secteur soudano-sahélien avec savane arborée : 0,5 à 1,2 p.100 avec 0,2 à 0,6 p.100 d'humus;
— régions méridionales (Kegné-Kegné du Niombato et du cercle de Tambacounda — Dior du Rip) correspondant au secteur soudano-guinéen avec forêt de savane : 0,8 à 2,2 p.100 avec 0,4 à 1 p.100 d'humus.

La même variation se trouve dans les sols sablo-argileux.

On voit donc que la richesse organique des sols minéraux augmente régulièrement du Nord vers le Sud du territoire, pour un même régime cultural : dans les friches, les peuplements végétaux sont plus denses au Sud; dans les terrains cultivés, les rejets d'arbres et les plantes postculturales se développent plus rapidement et en plus grand nombre. Les terres à arachide des régions méridionales sont donc les plus riches.

Le fait se constate d'ailleurs aisément sans avoir recours à l'analyse : alors que les Diors dégradés du Nord sont gris rougeâtre, ceux du centre sont gris et ceux du Sud gris brun. De même, tandis que le terrain Dek du Baol est gris brun, le Bancofing du Niombato et

TABLEAU VIII.

Le constituant organique et l'azote dans les sols du Sénégal.

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols	Teneurs pour 100 gr. de terre fine: Matière organique totale	Teneurs pour 100 gr. de terre fine: Humus	Rapport Humus × 100 / M.O. totale	Azote pour 1000 gr. de terre fine	Rapport C/N
2 R.	Richard-Toll 9/3/48	Sableux (Diéri)	0,7	0,13	18,5	0,27	13,0
61'	Bayack (Cercle de Louga) 13/12/41	Sableux (Dior rouge)	0,4	0,20	50		
124 P.	Coki (Cercle de Louga) 9/3/48	Sableux (Dior)	0,5	0,25	50		
15 P.	Centre Expérimental de Louga 10/3/42	Sableux (Dior)	0,3	0,14	46,7	0,33	4,5
2 s'	Station Expérimentale de M'Bambey 7/5/41	Sableux (Dior)	0,9	0,2	22,2	0,38	11,8
11 P.	Centre Experimental de Nioro-du-Rip 17/2/42	Sableux (Dior)	0,8	0,6	75		
59 P.	Kassasse (Sine-Saloum oriental) 19/5/43	Sableux (Dior)	0,8	0,2	25	0,25	16,0
64 P.	N'Dienghène (Koungheul) 23/5/43	Sableux (Dior)	1,0	0,2	20	0,34	14,7
69 P.	Ribot (Sine-Saloum oriental) 25/5/43	Sableux (Dior)	0,9	0,2	22,2	0,28	16,1
97 P.	Sill (N. W. Cercle Tambacounda) 3/7/45	Sableux (Dior)	1,0	0,13	13	0,29	17,2
106 P.	N'Gadiaga (N. Malème-Hodar)	Sableux (Dior)	0,9	0,24	26,6	0,43	10,5
26 P.	Santamba (Sud du Sine-Saloum) 17/4/42	Sableux (Kegné Kegné)	2,0	1,0	50		
110	Maka (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegné Kegné)	0,8	0,5	62,5		
101	Netteboulu (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegné Kegné)	1,0	0,4	40		
43 P.	Centre Expérimental de Sinthiou-Malème 12/5/42	Sableux (Kegné Kegné)	1,0	0,4	40		
108 P.	Paffa (Nord Maka yop) août 1945	Sableux (Dek-Dior)	1,2	0,2	16,6	0,43	13,9
13 s.	Station Expérimentale de M'Bambey 6/11/41	Sableux (Dek-Dior)	0,8	0,3	37,5		
70 P.	Loure (Sine-Saloum oriental) 25/5/43	Sableux (Dek-Dior)	0,8	0,2	25	0,31	13,0
91 P.	Goudié (Sud Malème-Hodar) 21/7/45	Sableux (Dek-Dior)	1,2	0,22	18,3	0,39	15,4
1 P.	M'Bambey 7/1/42	Sablo-argileux (Dek)	1,6	0,8	50		
62 P.	Bellal (Malème-Hodar) 20/5/43	Sablo-argileux (Dek)	1,6	0,3	18,7		
25 P.	Néma (Niombato) 17/4/42	Sablo-argileux (Bancofing)	2,2	0,9	40,9		
108	Colibentan (Cercle de Tambacounda) 1942	Sablo-argileux (N'Datou Banco)	2,1	0,9	42,9		
72 s	Station Expérimentale de M'Bambey 20/4/43	Sablo-argileux (Ban)	2,0	1,1	55		
58 P.	Vallée morte du Saloum à Kassasse	Argilo-sableux (Ban)	1,8	0,3	16,6		
13 P.	Nioro-du-Rip 16/2/42	Argilo-sableux (Ban)	4,2	1,9	45,2		
8	Station Agronomique de Diorbivol 1940	Argilo-sableux (Fondé Ranéré)	1,1	—	—	0,28	19,6
9	Station Agronomique de Diorbivol 1940	Argilo-sableux (Fondé Balléré)	2,2	—	—	0,71	15,5

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols	Teneurs pour 100 gr. de terre fine		Rapport Humus × 100 / M.O. totale	Azote pour 1000 gr. de terre fine	Rapport C/N
			Matière organique totale	Humus			
44	Station de Guédé 1940	Argileux (Holaldé)	0,3	traces	traces	—	
45	Station de Guédé 1940	Argileux (Holaldé)	5,7	3,3	57,8	—	
25	Sébikhotane (Cercle de Rufisque) 24/1/41	Argileux (terre noire)	1,1	—	—	0,40	13,7
20	Sébikhotane (Cercle de Rufisque) 24/1/41	Argileux (terre noire)	3,1	—	—	—	
57 P.	Ouakam (Presqu'île du Cap-Vert) 7/2/43	Argileux (origine basaltique)	2,3	—	—	0,81	14,2
46 P.	Sangalkam (Rufisque) 9/2/43	Humifère (Niayes)	7,3	4,1	56,1	—	
30	Sangalkam (Rufisque) 23/1/41	Humifere (Niayes)	5,6	3,1	55,3	1,6	17,5
130 P.	Station des Niayes de M'Boro 31/7/48	Humifere (Niayes)	49,3	36,9	74,8		
65 P.	Vallée du Nianimarou à Koungheul 23/5/43	Humifère (Faro)	4,1	1,7	41,4		
10 P.	Bao Bolon (Rip) 16/2/42	Humifère (Faro)	6,5	4,4	67,6		
21 P.	Santamba (Niombato) 17/4/42	Humifère (Faro)	23,4	7,1	30,3		
32 P.	Ker Diadiou (N'Dangane) 21/4/42	Salin (Tanne)	0,7	0,46	65,7		

du Cercle de Tambacounda est brun noir; les termes mandingues « Bancofing » et « N'Datou Banco » signifient d'ailleurs « terres noires ».

Dans le cas des sols humifères, on note une exception : celle des Niayes, qui s'étendent depuis la presqu'île du Cap Vert jusqu'à la latitude de Louga; leurs palmeraies sont considérées comme des reliques forestières d'une végétation de type guinéen et leur richesse organique est comparable à celle des galeries forestières des provinces méridionales :

ex. à M'Boro : 15 à 50 p.100 de matière organique;
à Sangalkam : 5 à 20 p.100 de matière organique;
contre : 15 à 25 p.100 dans le Niombato.

Les « Faro » plus ou moins dégradés des vallées tributaires de la Gambie en contiennent encore de 4 à 10 p.100 :

Bao-Bolon à Nioro-du-Rip 6,5
Nianimarou à Koungheul 4,1

β) *Avec la composition physique du terrain :*

Là encore, c'est la densité de la végétation qui commande la teneur en humus; mais au lieu d'être lié à la latitude et surtout à la pluviosité, ce facteur dépend de la nature du sol; le cas des « Holaldé » de la vallée du Fleuve est caractéristique :

ex. N° 44 : à Guédé : terrain extrêmement compact (86 p.100 d'argile), ne permettant aucune végétation: 0,3 p.100 de matière organique.

N° 45 : à Guédé : terrain moins compact (51 p.100 d'argile), à peuplement d'*Acacia scorpioides* : 5,7 p. 100.

On retrouve une différence analogue entre les « Fondé Ranéré » ou Fondés blancs (11 p.100) et les « Fondé Balléré » ou Fondés noirs (2,2 p.100 à Diorbivol).

Signalons enfin que les « terres noires » de Sébikhotane ne présentent qu'une teneur moyenne (1 à 3 p.100), et il semble que leur couleur ne soit pas due uniquement à leur richesse organique; les oxydes de manganèse contribuent certainement dans une certaine mesure à leur conférer cette teinte noire.

γ) *Avec le régime cultural et avec l'état de dégradation du terrain :*

Les Diors dégradés du Cayor ont toujours moins de 0,5 p.100 de matière organique; tandis que ceux du Baol où les peuplements arborés sont assez denses en contiennent jusqu'à 1,2 p.100. A la Station de Bambey où la jachère est pratiquée, la moyenne de la teneur d'une cinquantaine d'échantillons est 0,8 p.100 et les parcelles de sélection qui sont fumées une année sur trois accusent jusqu'à 1,4 p.100.

La conservation du constituant organique dans les terres neuves et sa régénération dans les régions dégradées sont donc un problème de toute première importance au Sénégal; nous avons signalé les moyens d'y remédier :

— apport de fumier (parcage des troupeaux);

— fabrication de fumier artificiel (avec les tiges de mil, par exemple);

— pratique régulière de la jachère;

— extension de l'emploi des engrais verts.

b) Remarques sur la composition chimique du constituant organique :

α) *La fraction colloïdale ou humus :*

Le tableau VIII montre que cette fraction colloïdale existe en proportions très variables dans la matière organique totale :

— environ 50 p.100 dans les sols argileux dégradés du Cayor : il n'y a plus apport de matière organique de l'extérieur et les dernières traces contenues dans le sol s'humifient peu à peu, si bien que la proportion d'humus est relativement forte;

— environ 20 p.100 dans les sols sableux non dégradés des régions centrales et septentrionales :

ex. Baol — Sine-Saloum oriental — Richard-Toll.

Il semble que ce soit dans ces régions à pluviosité moyenne (400 à 700 mm.) que le coefficient K2 de HENIN, qui correspond à la vitesse de disparition des matières humiques, soit le plus élevé;

— de 40 à 60 p.100 dans les sols sableux des régions méridionales à pluviosité nettement plus forte (700 à 1100 mm.); la vitesse de disparition de l'humus (coefficient K2) est ici moins forte :

ex. Rip — Niombato — Cercle de Tambacounda.

— porportion très faible dans les sols argileux extrêmement compacts et à vie microbienne très ralentie :

ex. profil 44 à Guédé, à 86 p.100 d'argile :

traces d'humus; la matière organique ne s'humifie pas.

— de 30 à 70 p.100 enfin, dans les sols humifères (Niayes — Faro); ce qui est une teneur très satisfaisante. C'est d'ailleurs presque toujours de l'humus du type *Mull*, dont la décomposition est relativement rapide et dont la réaction varie entre 4,0 et 6,5.

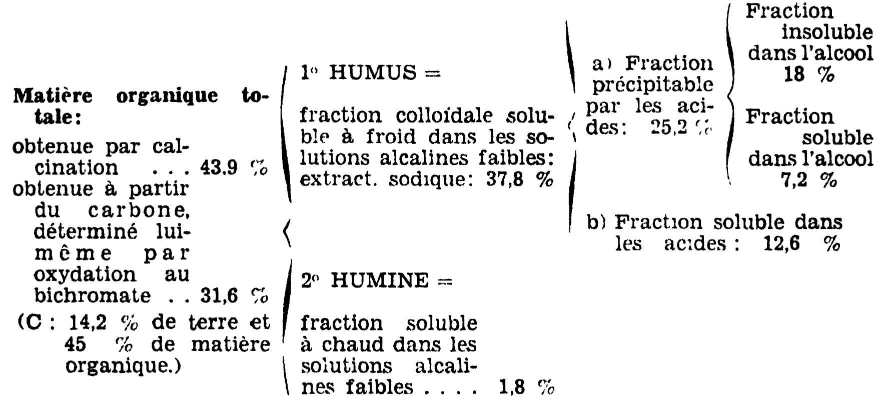
Mais dans certaines parties basses, marécageuses et mal drainées, on rencontre incontestablement le type *mor*, fibreux et à réaction fortement acide.

ex. à M'Boro où le pH descend parfois jusqu'à 3,8.

β) Humine : Matière humique précipitable par les acides, etc.

Le fractionnement des matières organiques en leurs principaux constituants a été effectué sur un certain nombre d'échantillons, surtout de sols humifères. Voici un exemple :

échantillon de terre arable des Niayes de M'Boro :



Les teneurs sont rapportées à 100 gr. de terre desséchée à 105° (l'humidité de l'échantillon était de 32,04).

On remarque que, même en adoptant une teneur en carbone faible dans la matière organique (45 p.100), le résultat donné par oxydation au bichromate est très inférieur à celui donné par la calcination; en réalité, ces deux méthodes sont critiquables, dans la pre-

mière, le taux de carbone est déterminé exactement, mais l'imprécision apparaît lorsque l'on passe par le calcul au taux de matière organique, car la teneur de la matière organique totale en carbone est très variable (de 40 à 60 p.100); dans la seconde méthode, la calcination donne la perte au feu et l'imprécision apparaît lorsque l'on déduit de cette perte au feu l'eau de constitution de l'argile, dont la valeur est également très variable.

D'autre part, bien qu'il s'agisse d'un échantillon à humus plus ou moins fibreux, la fraction colloïdale est très importante : 37,8 d'humus sur 43,9 p.100 de matière organique totale;

le rapport $\frac{\text{Humus}}{\text{Matière organique totale}} \times 100 = 86{,}1.$

Enfin, le rapport :

$$\frac{\text{Humus précipitable par les acides}}{\text{Humus total}}$$

est lui-même assez élevé : $\frac{25{,}2}{37{,}8}$, soit 66,7 p.100.

γ) *Le rapport* C/N :

On sait que lorsque ce rapport est compris entre 10 et 12, on admet que les conditions d'humification et de nitrification sont satisfaisantes. Or, dans presque tous les sols du Sénégal où nous l'avons déterminé, il est supérieur à 12 et peut même atteindre 20; il existe donc un excès de carbone dans la matière organique par rapport à l'azote, et une fraction de cette matière organique est détruite sans passer par le stade de la nitrification.

Or, c'est beaucoup plus l'aptitude du sol à la nitrification qui compte que sa teneur absolue en matière organique et en azote; il semble donc que dans les terres du Sénégal, la matière organique ne présente pas la composition optima pour être intégralement nitrifiée et les microbes ne disposent pas d'une source suffisante d'azote pour la transformer en nitrates; il y aurait donc intérêt à enrichir le sol en azote par l'ameublissement et par la fumure.

Ce sont là des vues d'ailleurs très générales dont les modalités d'application peuvent différer d'un type de sol à un autre. C'est ainsi que dans les terrains dégradés, très pauvres en matière organique, le rapport C/N est, au contraire, inférieur à 10 et ce n'est plus une carence d'azote qui se manifeste, mais une carence de carbone, si bien que dans ce dernier cas, la fumure devrait être organique et non azotée.

ex. terrain 15 P.: C/N = 4,5.

Là où se pratique une culture rationnelle avec jachère et fumure, le rapport est optimum :

ex. terrain 2s' à la Station de Bambey : C/N = 11,8.

Et en définitive, c'est surtout pour les sols humifères et les sols minéraux en friche que la règle énoncée plus haut conserve sa valeur.

c) **Intérêt pratique de l'étude du constituant organique.**

Sans revenir sur les notions générales désormais classiques de l'utilité de l'humus dans les sols, nous rappellerons seulement les quelques faits suivants :

α) *Fumure organique et culture de l'arachide :*

La teneur en matière organique des sols sableux est faible (0,3 à 2,2 p.100); le plus souvent cependant, elle est suffisante pour la culture de l'arachide; c'est ainsi que les terres neuves méridionales qui en contiennent 1 à 2,2 p.100 n'ont aucunement besoin d'un apport de fumier ou d'engrais organique quelconque, l'année où l'on pratique cette culture; ce serait même préjudiciable, puisque les essais effectués à la Station de M'Bambey ont montré qu'une fumure organique sur arachide provoquait la formation de gousses vides dans une proportion pouvant atteindre 20 p.100. Et c'est pourquoi dans les deux principaux types d'assolement en usage au Sénégal, à savoir :

Mil — Arachide — Jachère
ou Mil — Jachère — Arachide

on apporte toujours le fumier sur le mil.

β) *Le constituant organique et les terres « épuisées » du Cayor.*

Il est évident que la teneur en humus de ces sols est très faible; nous en citons quelques exemples dans le tableau VIII :

61'	0,20 p.100
124P	0,25 p.100
15P	0,14 p.100

En voici d'autres :

60'	0,16 p.100
62'	0,14 p.100
17P	0,10 p.100
18P	0,12 p.100
20P	0,12 p.100

Soit une moyenne de 0,14 p.100. Pour un hectare de terre arable sableuse (4.000 tonnes), cela représente 5.600 kgs; à raison de 5 p.100 d'azote dans cet humus, cela ne constitue qu'un stock d'azote

nitrifiable de 280 kgs. Il est vrai que la quantité d'azote total est nettement plus élevée : teneur 0,3 p.1000, soit 1.200 kgs à l'hectare. Mais il est bien connu qu'à la suite d'une longue culture, une légumineuse comme l'arachide perd partiellement son pouvoir fixateur de l'azote libre atmosphérique; les nodosités sont peu nombreuses et peu développées, fait qui s'observe nettement sur les arachides cultivées dans le Cayor.

Le problème se pose donc de la façon suivante :

l'Arachide dispose d'un stock important d'azote libre qu'elle ne peut plus utiliser en raison de la déficience de son appareil fixateur; d'autre part, la quantité d'azote organique nitrifiable qu'elle peut utiliser est très faible :

200 à 300 kgs, c'est-à-dire la quantité juste suffisante théoriquement pour quatre années de culture; s'il est utile de régénérer son stock de matières organiques, il n'est pas moins urgent de lui rendre des conditions normales de nutrition, en laissant d'abord la terre en repos quelques années, en utilisant ensuite des graines de semences inoculées avec *Bacterium radicicola;* il est évident que cette méthode mérite une expérimentation préalable et ce serait l'une des premières tâches d'une Station Expérimentale de Régénération des Sols comme celle que l'on pourrait créer en remplacement de la Ferme-Ecole de Louga.

γ) *Constituant organique et riziculture :*

Les sols argilo-sableux et argileux aptes à la riziculture, principalement dans la vallée alluvionnaire du Sénégal, présentent une teneur à peine moyenne en matière organique; un apport de fumier contribuerait à les rendre moins compacts et serait très profitable à la croissance du riz; malheureusement, il ne faut pas songer à utiliser ce procédé de façon rationnelle et soutenue dans des régions où le bétail est rare et où la stabulation est inconnue; il est donc nécessaire de prévoir des assolements avec engrais verts; c'est le but des très intéressants essais qui sont conduits actuellement à Richard-Toll.

δ) *Neutralisation de l'acidité des sols humifères :*

Les terres de Niayes et de Faro sont le plus souvent franchement acides, parfois même fortement acides; les processus d'humification et de nitrification sont parfois ralentis et ce sont en définitive les rendements des cultures potagères qui s'en ressentent. Un apport d'ion calcium est nécessaire et dans ce but des essais de chaulage, marnage, plâtrage et phosphatage ont été entrepris à la Station des Niayes de M'Boro.

F. — LA REACTION DU SOL.

a) Etude des variations du PH.

Ces variations s'observent :

α) Avec la nature du terrain :

Cas des sols minéraux dépourvus de carbonates et de sels de sodium :

Ce sont de beaucoup les plus répandus et ils sont le plus souvent légèrement acides : pH compris entre 6,0 et 7,0 (Tableau IX).

ex. Sols sableux :
Diéri de la vallée du Sénégal : 6,5 à 6,7;
Dior rouge du Cayor : 6,5 — 6,7 — 6,9;
Dior du Baol : 6,3 à 6,9;
Dior du Sine-Saloum méridonal : 6,2 à 6,5;
Dior du Sine-Saloum oriental : 6,4 à 6,7;
Kegné-Kegné du Cercle de Tambacounda : 6,4 à 6,6.

La teneur en bases échangeables est faible et, bien que la quantité de colloïdes soit elle-même très faible, ces bases ne suffisent pas à assurer la saturation et la réaction reste légèrement acide.

Il y a cependant quelques exceptions : dans certains terrains à pouvoir absorbant particulièrement faible, la réaction est très légèrement basique.

ex. Dior rouge à Coki 7,3
Dior à Louga 7,2
Dior à Dar-Salam
(N.W. du cercle de Tambacounda) 7,5

Ce cas exceptionnel se rencontre surtout dans les sols très sableux, dépourvus d'humus et dégradés.

Inversement, certains sols minéraux plus riches en humus présentent une réaction franchement acide.

ex. Colibentan 5,6
Richard-Toll 5,6
Guédé 5,8

Le cas est également assez rare.

— cas des sols minéraux salins :

Ils sont le plus souvent légèrement acides :

ex. N° 32P — tanne de Ker Diadiou ....pH — 6,3
N° 109P — tanne de Fayl ....pH = 6,3
N° 113P — tanne Guilass .... ph 6,2

On note parfois une acidité plus forte :

ex. N° 36P — tanne de Palmarin 4,9
N° 112P — tanne de Guilass 5,2

Le fait est en relation avec l'absence de calcaire, et les tannes appartiennent au type solontchak ou même plus fréquemment au type

solod avec acidification du profil et migration de l'oxyde ferrique.

Dans certains marigots du Baol et dans certaines Niayes, où la salure est d'ailleurs relativement faible, la présence de calcaire est cause d'une réaction légèrement basique :

ex. N° 15 — marigot de M'Baba 7,4
N° 41 — marigot de Ker Samba Kane 7,8
N° 34 — Niaye de Boulguène 7,3

Mais jamais le pH n'atteint les valeurs élevées caractéristiques des solonetz; il semble que ce soient d'anciens sols à alcalis, améliorés par lessivage et départ partiel des chlorures.

— cas des sols calcaires :

Ils sont toujours basiques :

ex. pH = 7,5 dans les « terres noires » de la région de Bargny — Sébikhotane.

— cas des sols humifères :

Ils sont le plus souvent franchement ou fortement acides :

ex pH = 4,9 dans les Niayes de M'Boro,
5,1 dans le Faro de Santamba,
5,4 dans le Faro du Bao-Bolon,
5,8 dans celui du Nianimarou.

β) *Avec la pluviosité et le degré de lessivage :*

Dans les régions méridionales où la chute de pluie est élevée, la réaction est, dans l'ensemble, plus acide que dans les régions septentrionales :

ex. cas des sols sableux :

Richard-Toll et Cayor — moins de 500 mm. de pluie : pH 6,5 à 6,9;

Baol — Sine-Saloum oriental — 500 à 800 mm. de pluie : pH 6,3 à 6,8;

Niombato-Rip-Tambacounda — plus de 800 mm. de pluie : pH 6,2 à 6,6.

— Cas des sols sablo-argileux :

Louga 6,7
M'Bambey 6,6
Malème Hodar 6,5
Néma 6,3

γ) *Variations avec le régime cultural :*

Les friches sont généralement plus acides que les champs cultivés .

ex. dans le Baol :

2P — friche 6,4
13s — friche 6,3
17s — champ cultivé 6,8

— à Nioro du Rip :

14P — friche 6,3

11P — champ cultivé 6,5

Les amendements calcaires ramènent évidemment la réaction vers la neutralité :

ex. essai de chaulage effectué à la Station de M'Bambey de 1934 à 1943 par SAGOT et F. BOUFFIL :

Parcelles	Traitements	pH initial en 1934 avant chaulage	pH en 1940 six ans après le chaulage
1	1 T. de CaO	6 1	6.5
3	2 T. de CaO	6,3	7,2
4	3 T de CaO	6,5	7,2
5	4 T de CaO	6,2	7,3

Il y a d'ailleurs diffusion superficielle de la chaux, car le pH des parcelles témoins a également augmenté. Le marnage donne des résultats comparables.

TABLEAU IX

Le pH des sols du Sénégal.

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement		pH
	1° Sols sableux:		
1 R.	Richard-Toll . .	7/ 3/48	6 5
124 P	Coki . . .	9/ 3/48	7,3
125 P	M'Barick (Louga)	9/ 3/48	6,9
61'	Bayack (Louga)	13/12/41	6,7
60'	Diang Fall (Louga)	13/12/41	6,9
15 P	Centre Expérimental de Louga .	10/ 3/42	7,2
17 P.	Centre Expérimental de Louga . . .	10/ 3/42	6,5
2 P.	Ngueyt (Baol)	8/ 1/42	6,4
17 s	Station M'Bambey	9/ 6/41	6,8
21 s.	Station M'Bambey	9/ 6/41	6,5
13 s.	Station M'Bambey	6/11/40	6,3
11 P.	Centre Expérimental Nioro-du-Rip . . .	17/ 2/42	6,5
14 P.	Centre Expérimental Nioro-du-Rip	17/ 2/42	6,3
26 P.	Santamba (Niombato)	17/ 4/42	6,2
60 P.	Sorokogne	17/ 4/42	6,5
64 P.	N'Dienguène (Koungheul)	23/ 5/43	6,4
69 P.	Ribot	25/ 5/43	6,5
70 P.	Loure	25/ 5/43	6,5
98 P.	Belal (Malème-Hodar)	2/ 8/45	6,7
95 P.	Dar Salam (N. W. Tambacounda).	30/ 7/45	7,5
37 P.	Centre Expérimental Sinthiou-Malème .	12/ 5/42	6,6
101	Netteboulou (Tambacounda)	1942	6 4
110	Maka (Tambacounda)	1942	6,6
	2° Sols sablo-argileux:		
16 P.	Louga	10/ 3/42	6,7
1 P.	M'Bambey	7/ 1/42	6,7
33 s.	Station M'Bambey	14/ 6/41	6,6

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement		pH
25 P.	Néma (Niombato)	17/ 4/42	6,3
104 P.	Maka Belal	2/ 8/45	6,5
62 P.	Malème Hodar	12/ 5/43	6,5
102	Missira (Tambacounda)	1942	6,2
108	Colibentan (Tambacounda)	1942	5,6
	3° **Sols argilo-sableux:**		
6	Station Diorbivol	1940	6,5
56	Station Guédé	1940	5,8
5 R.	Richard-Toll	7/ 3/48	5,6
13 P.	Nioro-du-Rip	18/ 2/42	6,3
104	Dialacoto (Tambacounda)	1942	6,2
	4° **Sols argileux:**		
44	Station de Guédé	1940	6,8
45	Station de Guédé	1940	5,4
4 R.	Richard-Toll	7/ 3/48	6,2
40 P.	Sinthiou-Malème	12/ 5/42	5,5
57 P.	Ouakam (Presqu'île)	7/ 2/43	6,3
	5° **Sols calcaires:**		
27	N'Diago (Sébikhotane)	24/ 1/41	7,5
20	Diamnadia (Rufisqpe)	22/ 1/41	7,5
25	Sébikhotane	24/ 1/41	7,5
9 s.	Station M'Bambey (Termitière).		7,5
	6° **Sols humifères:**		
46 P.	Sangalkam (Rufisque)	9/ 2/43	6,4
30	Sangalkam (Rufisque)	23/ 1/41	6,6
130 P.	Station de M'Boro	31/ 7/48	4,9
65 P.	Nianimarou à Koungheul	23/ 5/43	5,8
10 P.	Bao-Bolon à Nioro	16/ 2/42	5,4
21 P.	Santamba (Niombato)	17/ 4/42	5,1
	7° **Sols salins:**		
32 P.	Tanne de Ker Diadiou (N'Dangane)	8/ 5/42	6,3
109 P.	Tanne de Fayl (Fatick)	28/ 4/48	6,3
113 P.	Tanne de Guilass (Loulle-Séssène)	12/ 6/48	6,2
112 P.	Tanne de Guilass (Loulle-Séssène)	12/ 6/48	5,2
36 P.	Tanne de Palmarin (N'Dangane)	21/ 4/42	4,9
41	Marigot de Ker Samba Kane (Baol)	3/ 6/41	7,8
15	Marigot de M'Bamba (Tivaouane)	12/10/40	7,4
34	Niaye de Boulguène (Kébemer)	12/11/40	7,3

δ) *Variations saisonnières :*

Bien que le phénomène ne soit pas très accusé, il semble qu'il y ait au cours de la saison sèche une remontée par capillarité des bases échangeables depuis l'horizon d'illuviation B jusqu'à l'horizon A; en raison de la forte teneur en sable, le réseau capillaire est très réduit et la terre arable ne peut pas récupérer intégralement ce que le lessivage lui a enlevé au cours de la saison humide; on constate cependant une légère remontée du pH au mois de mai (fin de la saison des pluies); la culture elle-même agit dans le même sens : en fin de culture, c'est-à-dire en novembre, la couche arable s'est appauvrie en éléments fertilisants pour nourrir la plante, et en particulier en bases échangeables, d'où une tendance à l'acidification.

ex. parcelles d'essai de chaulage observées en 1940 à M'Bambey, six ans après le chaulage :

Parcelles	*pH en mai avant culture*	*pH en novembre après culture*
1	6,5	6,7
2	7,1	6,3
3	7,2	6,7
4	7,2	6,9
5	7,3	7,3
6	6,8	6,5
7	6,9	6,3

etc.

Sauf dans la parcelle 1, le fait signalé se vérifie assez bien.

b) Intérêt pratique de l'étude du pH.

α) Culture de l'arachide et pH :

Il semble bien d'après les essais de chaulage signalés précédemment, que la réaction optima soit voisine de la neutralité (pH compris entre 6,8 et 7,3).

Voici quelques chiffres .

Parcelles	Rendement en arachides en 1941	pH avant culture 1941
7	1652 kg./Ha.	6,5
14	1676 »	6,5
18	1643 »	6,7
8	2095 »	6,9
9	1960 »	6,8
10	2016 »	7,1
20	1909 »	7,3
21	1511 »	7,5

Il est d'ailleurs possible que ce soit aussi l'accroissement de la teneur en chaux qui provoque dans une certaine mesure l'augmentation de rendement.

β) Riziculture et pH :

Sans que l'on puisse affirmer que le pH optimum du riz est voisin de 5,0, on constate d'une façon très générale que toutes les bonnes terres à rizières du Sénégal ont une réaction franchement acide :

ex. Terrain N° 45 : Guédé .... pH = 5,4
5R : Richard-Toll 5,6
40P : Sinthiou-Malème 5,5
130P : M'Boro 4,9
65P : Nianimarou 5,8
10P : Bao Bolon . . . 5,4
21P : Santamba 5,1

Ces terrains sont soit argileux (Holaldé), soit argilo-sableux (Ban), soit enfin argilo-humifères (Faro-Niayes) et conviennent tous parfaitement à la riziculture.

G. — LE COMPLEXE ABSORBANT ET LES BASES ECHANGEABLES.

a) **Etude théorique.**

Le complexe absorbant est caractérisé par les grandeurs suivantes:

α) La capacité de saturation T, c'est-à-dire la quantité absolue de bases que le sol peut fixer; on prend comme commune mesure pour exprimer les quantités respectives de ces différentes bases, l'hydrogène correspondant qu'elles ont remplacé et on les exprime en milliéq. par kg., c'est-à-dire en milligrammes d'hydrogène équivalent pour 1.000 gr. de terre. T est évidemment très variable suivant la composition physique des sols; voici quelques chiffres :

TABLEAU X.

Capacité de saturation de quelques sols du Sénégal.

Classes de sols	Lieux	Numéro du profil	Teneurs pour 1000 gr. de terre fine — Argile	Teneurs pour 1000 gr. de terre fine — Humus	T en milliéq. par kg
Sols sableux (Dior rouge)	Louga	61'	16	1,4	22,5
Sols sableux (Dior gris)	M'Bambey	71 s	37	4,0	64,5
Sols sableux (Diéri)	Richard-Toll	3 R.	27	1.0	57,0
Sols sableux (Kegné-Kegné)	Maka (Tambacounda)	110	43	5,0	48,5
Sol argilo-sableux (Holaldé)	Richard-Toll	4 R.	332	0,9	141.0
Sol humifère (Niayes)	Sangalkam	46 P.	311	40.8	415,0
Sol salin (Tanne)	N'Dangane	32 P.	9	4.6	95,0
Sol ferrugineux (Niargo)	Kaffrine	71 P.	131	traces	56,0

T est faible pour les sols sableux dont la teneur en argile est inférieure à 50 p.1000 et la teneur en humus généralement inférieure à 5 p.1000; sa valeur dépasse rarement 75 milliéq. par kg.; les sols

TABLEAU XI.

Le complexe absorbant et les bases échangeables dans les sols du Sénegal.

Nos d'analyse	Types de terrains	Lieux de prélèvement	Complexe absorbant pour 100 gr de terre fine-fine.											Réaction pH
			Colloïdes		Bases échangeables									
					en oxydes				en milliequivalents					
			Argile	Humus	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	Ca	Mg	K	Na	Total S.	
124 P.	Sableux (Dior rouge)	Coki	20	2.50	0 35	0,23	0 04	0.05	12,50	11,50	1	1,50	26.50	7,3
61'	Sableux (Dior rouge)	Bayack (Cercle Louga)	16	1.40	0 34	0,11	0,02	0.04	12	5,30	0.50	1.50	19.50	6,7
17 P.	Sableux (Dior gris)	Centre Expér. Louga	34	1.00	0.45	0.10	0 03	0.05	16	5	0,50	1.50	23	6,5
71 s.	Sableux (Dior gris)	Station Exp. M'Bambey	37	4.00	0.76	0 23	0,16	0 39	27	11 50	3.50	12,50	54.50	7,2
3 R.	Sableux (Diéri)	Richard-Toll	27	1.00	0.46	0.28	0,15	0,54	16	14	3	17	50	6,7
68 P.	Sableux (Dior)	Gainte-Paté (N. Koungheul)	59	3.00	0 63	0.16	0,06	0 03	22.50	8	1,50	1	33	6,5
26 P.	Sableux (Kegné-Kegné)	Santamba (Niombato)	56	10,00	0 98	0.22	0,08	0.07	35	11	1,50	2,50	50	6,2
110	Sableux (Kegné-Kegné)	Maka (Tambacounda)	43	5,00	0.68	0.15	0,11	0,02	24.50	7.50	2.50	0.50	35	6,6
99 P.	Sablo-argileux (Dek-Dior)	Malème-Hodar	74	2,40	1 22	0,72	0,26	0 10	43,50	36	5.50	3	88	5,7
7 P.	Sablo-argileux (Dek)	M'Bambey	131	8.00	3.08	0,29	0,06	0 08	110	14,50	1,50	2,50	128,50	6,7
8 R.	Sablo-argileux (Fondé)	Richard-Toll	138	0,90	0.96	0.50	0.20	0 71	34	25	4	23	86	7,3
4 R	Argileux (Holaldé)	Richard-Toll	332	0.90	1,95	1,07	0.19	0,09	69	54	4	3	130	6,2
46 P.	Humifère (Niayes)	Sangalkam	311	40.80	9 35	0,88	0.18	0 36	334	44	4	11,50	393.50	6,4
32 P.	Salin (Tanne)	N'Dangane	9	4.60	0,32	0,31	0,17	1.25	11.50	15,50	3.50	40,50	71	6,3
109 P.	Salin (Tanne)	Fayl	104	11,60	0,48	0,22	0.18	0,56	17	11	4	18	50	6,3
71 P.	Sol ferrugineux (Niargo)	Kaffrine	131	traces	0,41	0,41	0,06	0,11	14,50	20,50	1	3,50	39,50	5,8

dégradés du Cayor sont les moins riches, car ils ne possèdent que des traces de colloïdes :

ex. 61' : T = 22,5

ceux qui ne sont pas dégradés sont plus riches en colloïdes, surtout en humus, et ont un pouvoir absorbant plus élevé :

ex. (N° 71s à Bambey : T = 64,5
N° 110 .... T = 48,5)

Les sols argilo-sableux et les sols argileux sont, parmi les sols minéraux, ceux qui ont la plus forte capacité de saturation :

ex. 4R — T = 141.

Les terrains humifères dans lesquels l'humification s'effectue dans de bonnes conditions sont nettement les plus riches de tous surtout quand ils sont argilo-humifères :

ex. 46P — T = 415.

Enfin les sols ferrugineux possèdent une capacité de saturation non négligeable, ce qui prouve d'une part que ce ne sont pas des sols latéritiques, et d'autre part qu'aux produits de décomposition de la cuirasse, sont venus s'ajouter des éléments colloïdaux d'origine allochtone.

Il semble que les argiles des sols sénégalais soient de nature nettement différente de celle des sols de limon de France; en effet, ces derniers fixent environ 40 milliéq. pour 100 gr. et l'humus en fixe environ 400.

Dans le cas du sol 61', si l'on adoptait ces chiffres, T aurait pour valeur :

$$\frac{40 \times 16}{100} + \frac{400 \times 0,14}{100} = 0,64 + 0,56 = 1,2 \text{ millieq.}$$

pour 100 gr. de terre, soit 12 millieq. pour 1.000 gr. de terre, alors qu'il atteint 22,5 millieq.

De même pour le terrain 71s :

T aurait pour valeur : $\frac{40 \times 37}{100} + \frac{400 \times 4,0}{100}$ 14,8 + 16 = 30,8

pour 100 gr. de terre, alors qu'il atteint 64,5 millieq.

Il faut donc admettre que, l'humus ayant sensiblement la même capacité de saturation qu'en pays tempéré, c'est l'argile qui a ici une capacité nettement supérieure voisine de 100 millieq. pour 100 gr.; ce serait alors une montmorillonite, comme nous l'avons déjà signalé.

β) La somme S des bases échangeables :

Cette grandeur s'exprime encore en millieq. par kg., mais alors que T présente plutôt un intérêt théorique en ce sens qu'elle indique la somme des cations qui pourraient être fixés, S au contraire a un

intérêt pratique immédiat : elle indique la somme des cations qui sont réellement fixés par le complexe colloïdal et donne une idée de la richesse du sol en éléments fertilisants. (Tableau XI).

S varie d'ailleurs sensiblement dans le même sens que T; sa valeur est :

- faible pour les sols sableux : 20 à 50 millieq. pour 1.000 gr. de terre;
- 50 à 150 pour les sols sablo-argileux et argilo-sableux;
- très forte pour les sols humifères :

ex. N° 46P. S = 393, S;

- moyenne pour les sols salins;
- faible pour les sols ferrugineux.

Comme la réaction du sol est presque toujours légèrement acide, le complexe colloïdal possède de l'hydrogène échangeable, il en résulte que S est toujours inférieur à T.

γ) Le degré de saturation :

$$V = 100 \frac{S}{T}.$$

Il est en général assez élevé (70 à 95 p.100). Voici quelques chiffres :

TABLEAU XII.

Degré de saturation de quelques sols du Sénégal.

Classes des sols	Lieu	Numéro du profil	Valeur de V.	pH
Sol sableux (Dior rouge) . . .	Louga	61'	86,6	6,7
Sol sableux (Dior gris)	M'Bambey	71 s.	84,5	7,2
Sol sableux (Dieri)	Richard-Toll	3 R.	87,7	6,7
Sol sableux (Kegné-Kegné). .	Maka (Tambacounda)	110	72,2	6,6
Sol argilo-sableux (Holaldé)	Richard-Toll	4 R.	92,2	6,2
Sol humifère (Niayes)	Sangalkam	46 P.	94,8	6,4
Sol salin (Tanne)	N'Dangane	32 P.	74,7	6,3
Sol ferrugineux (Niargo) . . .	Kaffrine	71 P.	70,6	5,8

Dans l'ensemble, à une réaction légèrement acide correspond un degré de saturation voisin de 80 à 90 p.100.

D'autre part, l'existence de pH supérieure à 7,0 et de V inférieur à 100 n'est pas incompatible, étant donné que la saturation n'est obtenue qu'en milieu fortement alcalin.

δ) La différence T — S représente l'hydrogène échangeable existant encore dans le complexe absorbant; sa détermination est importante lorsqu'on se propose de corriger l'acidité du sol. Nous avons adopté à M'Bambey, pour évaluer le « besoin en chaux », la méthode

au bicarbonate de Hutchinson et Mac Lennan, qui présente l'avantage de se rapprocher des conditions naturelles de la dynamique chimique du sol.

Le tableau suivant donna la valeur de ce besoin en chaux :

TABLEAU XIII.

Besoin en chaux de quelques types de sols sénégalais.

Classes des sols	Lieu	Numéro du profil	« Besoin en chaux » théorique (Hutchinson)	« Besoin en chaux » réel correspondant à la pratique agricole (coefficient de chaulage 3,0)
Sableux (Dior rouge)	Louga	61'	252 kg	750 kg
Sableux (Dior gris) . .	M'Bambey	71 S	840 »	2500 »
Sableux (Diéri)	Richard-Toll	3 R	588 »	2000 »
Sableux (Kegne-Kegné)	Maka (Tambacounda)	110	1134 »	3000 »
Argilo-sabl. (Holaldé)	Richard-Toll	4 R	770 »	2000 »
Humifère (Niayes) .	Sangalkam	46 P	1505 »	4500 »

Le calcul du besoin en chaux réel est basé sur les hypothèses suivantes :

— un hectare de terre arable représente, sur 20 cm. de profondeur, 3.000 tonnes de terre dans le cas des sols sableux (densité apparente voisine de 1,5) et 2.500 tonnes pour les autres sols (densité apparente plus faible).

— le coefficient de chaulage doit être pris égal à 3, d'après les résultats des essais de chaulage effectués à la Station de Bambey.

La correction de l'acidité par le chaulage présente une grande importance au Sénégal, pour deux types de sols, comme nous l'avons déjà signalé :

— les sols humifères trop acides pour l'établissement de cultures potagères (Niayes); des essais sont en cours à la Station des Niayes de M'Boro;

— les sols sableux à Arachide :

Les essais effectués à la Station de M'Bambey par SAGOT et BOUFFIL, ont montré que le chaulage à raison de 2,5 à 3 tonnes à l'hectare réalise la neutralisation du sol tout en assurant une plus-value de rendement appréciable.

C'est une opération rentable; malheureusement, on n'en est encore qu'au stade des essais, la vulgarisation en grande culture étant rendue difficile pour plusieurs raisons :

— il n'existe pas au Sénégal (ou du moins extrêmement peu) de colons européens, qui se prêteraient volontiers à cette amélioration de leur sol; les cultivateurs du pays, les Sérères surtout, se montrent très réticents, chaque fois qu'on leur soumet une innovation;

— les cultivateurs éclairés qui en comprennent l'intérêt, ne peuvent pas en général en assurer le financement personnellement; il serait nécessaire d'opérer dans le cadre coopératif, qui n'en est encore qu'au stade de création et d'organisation.

D'ailleurs, les Blocs de Culture Mécanique ne pratiqueront pas immédiatement un chaulage de leurs terres; l'amélioration du sol sera basée sur l'emploi d'une fumure complète N — P — K — Ca — Mg qui est actuellement à l'étude.

ε) Les équilibres chimiques entre cations absorbés.

On constate presque toujours une absorption élective pour le calcium. Voici, par exemple, quelques valeurs du rapport $\frac{\text{Ca en millieq}}{\text{S}}$

Sols sableux : 0,61 — 0,69 — 0,49 — 0,68 — 0,70.

Sols sablo-argileux : 0,49 — 0,85.

Seul le terrain 8R à Richard-Toll présente un rapport faible, car il contient une assez forte proportion de sodium.

Sols humifères : 0,85.

Sols salins : le rapport est faible comme dans les terres de Richard-Toll en raison de la forte teneur en sodium.

Dans ces derniers, le rapport $\frac{\text{Na en millieq}}{\text{S}}$ prend les valeurs suivantes : 0,57 — 0,36.

Un autre équilibre intéressant est donné par le rapport $\frac{\text{Ca en millieq}}{\text{Mg en millieq}}$: il est généralement compris entre 2 et 4 dans les sols sableux. Sa valeur est plus faible pour les sols salins qui, à côté du ClNa, contiennent aussi Cl^2Mg.

La quantité de potassium est généralement la plus faible de toutes; elle est même presque toujours inférieure à la teneur en sodium.

b) Intérêt de l'étude du complexe absorbant au point de vue de la pratique agricole.

α) Influence sur les propriétés physiques du sol :

Les bases échangeables étant surtout représentées par le calcium, le sol présente une structure satisfaisante caractérisée par la floculation des colloïdes et l'existence d'agrégats.

Le cas des sols salins est tout différent; il est d'ailleurs assez complexe :

— il en existe du type *solod* dans lesquels l'argile et l'oxyde ferrique sont peptisés et migrent vers le sous-sol avec formation d'un horizon illuvial;

— il en existe aussi du type *solontchak* à croûte blanche superficielle ou « alcali blanc »; leur structure s'améliore assez rapidement avec le dessalement : la végétation s'y installe, il apparaît de l'humus qui reste sous forme floculée dans l'horizon superficiel et un nouveau sol s'élabore. C'est ainsi que de grands travaux de dessalement ont été entrepris dans les « tannes » du Sine-Saloum et l'on a assisté en quelques années à une évolution rapide de la végétation, et à la naissance de sols sablo-humifères.

β) *Influence sur la réaction du sol :*

Le degré de saturation présente une valeur assez élevée et la réaction est presque toujours légèrement acide, c'est-à-dire favorable aux cultures.

γ) *Influence sur la fertilité :*

Nous insisterons surtout sur ce point dans le chapitre relatif aux éléments dits « assimilables ». Signalons seulement ici les faits suivants:

— la faible teneur en colloïdes des sols sableux, qui sont de beaucoup les plus répandus, est cause de leur pauvreté originelle en bases nutritives : potasse, chaux, magnésie; c'est également la raison pour laquelle ils s'épuisent assez rapidement, si on les cultive sans fumure.

Voici un exemple :

terrain 71s, à la Station de M'Bambey, cultivé rationnellement suivant l'assolement mil fumé — jachère — arachide; bonne terre à arachide (rendement supérieur à la tonne).

CaO p.1000	0,76
MgO p.1000	0,23
K^2O p.1000	0,16

terrain 17P, au Centre Expérimental de Louga, qui n'a pas pu être fumé régulièrement, abandonné depuis 1942 pour cause d'épuisement (rendement 200 à 300 kgs).

Un prélèvement fait en 1942 donnait la composition suivante :

CaO p.1000	0,45
MgO p.1000	0,10
K^2O p.1000	0,03

Or, les teneurs en colloïdes sont très peu différentes.

— les sols sablo-argileux, argilo-sableux et argileux sont évidemment plus riches :

1 à 3 p.1000 de CaO.

0,5 à 1 p.1000 de MgO.

Les teneurs en potasse échangeable sont toujours faibles et inférieures à 0,2 p.1000.

H. — LES ELEMENTS FERTILISANTS DITS « ASSIMILABLES ».

Dans l'ensemble, les teneurs sont faibles et peu différentes des teneurs en bases échangeables; si bien que dans une classification

générale des sols, ceux du Sénégal figureraient en grande partie parmi les plus pauvres.

Mais cette affirmation un peu hâtive mérite d'être précisée et nuancée pour les raisons suivantes :

— pour l'arachide qui est une culture peu exigeante, les sols sableux se comportent, du moins lorsqu'ils ne sont pas dégradés, comme des terres relativement fertiles;

— certains terrains sablo-argileux, argileux ou humifères, malheureusement peu répandus, sont réellement riches; ils fournissent de bonnes récoltes de riz, Cotonnier ou cultures maraîchères;

— l'acide phosphorique est le principe dont la déficience se fait le plus sentir et la loi du minimum joue du fait de la carence de cet élément; si bien qu'il ne s'agit pas toujours d'une pauvreté générale, mais d'un déséquilibre entre les éléments nutritifs;

— enfin, il semble qu'en raison des conditions climatiques l'assimilabilité des éléments fertilisants soit plus forte au Sénégal qu'en pays tempéré; et les terres arables sénégalaises seraient plus riches que ne semblent l'indiquer les échelles de fertilité en usage en pays non tropical.

a) **Etude statistique des teneurs en éléments assimilables.**

α) Cas de P^2O^5 :

C'est l'élément dont la déficience est le plus accusée :

ex. sols sableux :

où la teneur est presque toujours inférieure à 0,05 p.1000 (Tableau XIV).

Exceptionnellement et pour une raison d'ailleurs inconnue, les terres du Sine-Saloum méridional (Niombato) sont nettement plus riches :

ex. N° 26P à Santamba : 0,16 p.1000 de P^2O^5 assimilable.

Dans les autres terrains, la teneur atteint rarement 0,1 p.1000 avec cependant les exceptions suivantes :

— régions méridionales du Sine-Saloum (déjà signalé):

ex. N° 9P. Faro dans le Bao Bolon 1,18
21P. Faro à Santamba 0,16
65P. Faro dans le Nianimarou 0,10

— région de Rufisque — Sébikhotane où la roche-mère est une marne phosphatée :

ex. N°20. Ban à Diam Nadia 0,14

— enfin, les sols alluvionnaires de la vallée du Sénégal (Fondé — Holaldé) qui sont rendus fertiles par les apports de limon; ces limons, analysés au laboratoire, ont accusé des teneurs de 0,2 à 1 p.1000 de P^2O^5.

β) *Cas de* K^2O :

La teneur est également faible et atteint rarement 0,2 p.1000.

Les sols les plus pauvres sont :

— les sols sableux du Cayor, du Baol et du Sud du Sine-Samoun : moins de 0,1 p.1000;

— les « terres noires » de Sébikhotane;

Les plus riches sont :

— certains sols sableux du Sine-Saloum oriental et du cercle de Tambacounda :

ex. N° 64P. N'Dienghène : K^2O assimilable = 0,15 p.1000.
97P. Sill : K^2O assimilable = 0,16 p.1000.
58P. Kassasse : K^2O assimilable = 0,14 p.1000.

TABLEAU XIV

Les éléments fertilisants dits « assimilables » dans les sols du Sénégal.

Nos d'analyse	Types de terrains	Lieux et dates de prélèvement	Teneurs pour 1000 gr. de terre fine		
			Acide phosphor. en P^2O^5	Potasse en K^2O	Chaux en CaO
15 P	Sableux (Dior gris) .	Centre Expérim. de Louga 10 3/42	0,03	0,10	0,33
19 s.	» » » .	Station de M'Bambey 3/ 6/41	0,02	0,06	0,44
32 s.	» » » .	Station de M'Bambey 3/ 6/41	0,05	0,02	0,36
2 P.	» » »	Ngueyt Seou (Baol) 8/ 1/42	0,02	0,01	0,18
59 P	Sableux (Dior) . .	Kassasse (Kaffrine) 11/ 5/43	0,01	0,06	0,21
64 P.	» »	N'Dienghène (Koungheul) 23/ 5/42	0,01	0,15	0,57
69 P.	» »	Ribot (Sine-Saloum orient.) 25/ 5/43	0,02	0,04	0,42
95 P.	» » ..	Dar-Salam (N. W. Cercle Tambacounda) 30/ 7/45		0,12	0,52
97 P.	» »	Sill (N. W Cercle Tambacounda) 30/ 7/45		0,16	0,48
101	Sableux (Kegné-Kegné)	Netteboulu (Tambacounda) 1942	0,01	0,01	0,40
42 P.	» » »	Cent. Ex. Sinthiou-Malème 12/ 5/42	0,06	0,08	0,71
91 P.	Sableux (Dek-Dior) . .	Goudié (S.-Malème Hodar) 21/ 7/45	0,02	0,09	0,30
70 P.	» » » . .	Loure (Sine-Saloum orien.) 25/ 5/43	0,01	0,03	0,47
14 P.	» » » ...	Nioro-du-Rip 18/ 2/42	0,01	0,03	0,22
62 P.	Sablo-argileux (Dek) . .	Bellal (Malème-Hodar) 20/ 5/43	traces	0,07	0,70
67 P.	» » » . .	Entre Maka-Yop et Koungheul 24/ 5/43	0,01	0,08	0,74
108	» (N'Datou Banco)	Colibentan (Tambacounda) 1942	0,01	0,08	0,73
58 P.	Argilo-sableux (Ban) . .	Kassasse (vallée morte du Saloum) 19/ 5/1943	traces	0,14	1,68
104	» » . .	Dialacoto (Tambacounda) 1942	0,09	0,11	2,53
6	» (Fondé Ranéré)	Station Agricole Diorbivol 1940	0,04	0,12	1,21
9	» (Fondé Balléré)	Station Agricole Diorbivol 1940	0,05	0,19	1,32
1	» (Waka Holaldé)	Station Agricole Diorbivol 1940	0,05	0,08	1,21
20	Argileux (Ban)	Diam Nadia (Rufisque) 22/ 1/41	0,14	0,02	11,20
2	» (Holaldé)	Station Agricole Diorbivol 1940	0,06	0,11	1,54
57 P.	» (origine basaltique)	Ouakam (Presqu'île) 7/ 2/43	0,04	0,22	1,65
9 P.	Humifère (Faro)	Bao-Bolon (Rip) 16/ 2/42	1,18	0,17	0,35
21 P.	» »	Santamba (S. Sine-Saloum) 16/ 4/42	0,16		2,28
30	Humifère (Niayes) ...	Sangalkam 23/ 1/41	0,01	0,06	5,10
65 P.	Humifère (Faro) .	Vallée du Niamarou à Koungheul 23/ 5/43	0,10	0,06	1,75
107	» » ...	Colibentan (Tambacounda) 1942	0,01	0,11	1,68

— certains terrains de la vallée alluvionnaire, enrichis par les apports de limon :

ex. N° 9. Diorbivol 0,19

— les « Faro » humifères :

ex. 9P. Bao-Bolon 0,17
107. Colibentan 0,11

γ) Cas de CaO :

Cet élément accuse au contraire une teneur satisfaisante dans l'ensemble; le degré de saturation des colloïdes est élevé et les terres présentent un bon état calcique favorable aux cultures.

On note les chiffres suivants :

— dans les sols sableux et sablo-argileux : de 0,2 à 1,0 p.1000 de CaO.

— dans les sols argilo-sableux et argileux : de 1 à 2 p.1000.

— dans les terrains humifères la teneur est très variable et peut dépasser 2 p.1000.

ex. N° 30. Sangalkam : 5,1 p.1000.

b) **Intérêt de cette étude au point de vue de la pratique agricole.**

α) La fumure de l'arachide .

Il est encore difficile de proposer une échelle de fertilité des terres à arachide en fonction de leur composition chimique. Nous avons signalé que le taux d'argile est un facteur limitant du rendement sur lequel il faut toujours compter; or, les terres de la Station de M'Bambey sont très hétérogènes et l'expérimentation s'avère difficile; il s'agit presque toujours d'une hétérogénéité par « taches » (petites dépressions ou élévations de terrain — termitières — fourmilières — zones de terre noirâtre, etc.), qui sont toujours nombreuses et la mise en place des parcelles d'essai est très délicate.

Les essais effectués par SAGOT et BOUFFIL ont cependant apporté des précisions utiles sur l'influence de P^2O^5 et CaO; la conclusion de ces auteurs est que le chaulage et le phosphatage (phosphate tricalcique naturel du pays) assurent pendant plusieurs années des plus-values de 20 à 30 p. 100 et sont toujours payants; le pH remonte de 6,2-6,5 à 6,8-7,2; la teneur en CaO passe de 0,3-0,4 à 0,6-1,0 p.1000, et celle en P^2O^5 de 0,01-0,05 à 0,10-0,20 p.1000. Il semble donc que les teneurs suivantes :

0,6 p.1000 de CaO
0,1 p.1000 de P^2O^5

correspondent déjà à une bonne fertilité pour une terre à arachide.

Il reste à élucider le cas de la potasse; la seule chose que l'on connaisse de façon certaine, c'est que l'arachide est très sensible à un déséquilibre entre les éléments fertilisants du sol, dû à un excès de K^2O; les cultivateurs Sérères n'ignorent pas le fait eux-mêmes, car

ils ont constaté depuis longtemps que dans les endroits où ils brûlent de gros arbres et où s'accumulent les cendres, l'arachide se développe très mal; il est vraisemblable qu'un apport de potasse convenablement dosée dans une fumure complète, serait profitable. COLENO a déjà mis au point en 1947 un équilibre intéressant à ce sujet. Des essais très complets se poursuivent actuellement à la Station de M'Bambey et dans les Centres Expérimentaux de Nioro-du-Rip et Sinthiou-Malème.

β) *La fumure du riz :*

Dans ce domaine également, il reste un gros travail de recherche à effectuer et des essais importants sont en cours dans les casiers rizicoles de Richard-Toll; le seul fait connu de façon certaine jusqu'ici est que la fumure azotée apportée sous forme de sulfate d'ammoniaque (200 kgs à l'hectare) est largement payante.

Il reste à étudier le comportement de P^2O^5 dans ces sols qui n'en contiennent qu'une faible fraction sous forme assimilable, et dans lesquels il risque de s'insolubiliser sous forme de phosphate ferrique, et à mettre au point la dose optima.

En ce qui concerne K^2O, la nécessité s'en fait moins sentir, car les terrains Holaldé sont assez riches.

I. — LES RESERVES EN ELEMENTS NUTRITIFS.

Nous désignons ainsi la fraction des éléments chimiques utiles du sol qui est soluble à chaud dans l'acide nitrique concentré. Cette fraction ne représente d'ailleurs pas les réserves totales qui ne peuvent être déterminées que par une attaque fluorhydrique.

Le tableau XV donne quelques résultats analytiques, malheureusement très incomplets; car cette détermination n'a pas été effectuée dans tous les cas, étant le plus souvent moins intéressante que celle des bases échangeables et des éléments assimilables.

Nous ferons seulement les remarques suivantes :

a) les réserves en P^2O^5 et K^2O sont généralement faibles :

— 0,1 à 0,5 p.1000 de P^2O^5 et exceptionnellement 1 à 2 p.1000;

— 0,2 à 1 p.1000 de K^2O et exceptionnellement 1 à 2 p.1000 (sols d'origine basaltique).

Cette carence s'explique aisément du fait de la pauvreté des roches-mères; il est évident que le sable quartzeux qui a recouvert d'un épais manteau la plus grande partie du Sénégal n'était pas un élément très propice à l'enrichissement des terres arables; il en est de même d'ailleurs des grès ferrugineux miopliocènes de la partie orientale du territoire.

Il faut signaler cependant les exceptions suivantes :

— les terrains Fondé et Holaldé de la vallée alluvionnaire ont été enrichis par les limons transportés par le fleuve; ces limons présentent des teneurs intéressantes en éléments fertilisants; voici les

résultats qui nous ont été fournis par l'analyse de différents échantillons prélevés à Diorbivol en 1940, par M. COLENO.

P^2O^5 p.1000 gr. de limon desséché .... 0,2 à 1,0
K^2O p.1000 gr. de limon desséché .... 1,0 à 1,6
CaO p.1000 gr. de limon desséché .... 2,0 à 4,0

— les basaltes de la presqu'île du Cap Vert ont donné naissance à des terres argileuses riches :

ex. N° 57P à Ouakam.

Il importe de signaler d'ailleurs que les teneurs en potasse données par l'attaque nitrique sont certainement très inférieures aux

TABLEAU XV.

Réserves en éléments fertilisants des sols du Sénégal
(fraction soluble à chaud dans NO^3H concentré).

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols	Teneur pour 1000 gr de terre fine				
			P^2O^5	K^2O	CaO	MgO	N
15 P.	Centre Expérimental de Louga 10/3/1942	Sableux (Dior)	0,25	0,19	1,23		0,33
17 P.	Centre Expérimental de Louga 10/3/1942	Sableux (Dior)	0,08	0,28	1,35		0,71
61'	Bayack (Cercle de Louga) 13/12/1941	Sableux (Dior rouge)	0,09	0,20	1,15		
62'	Ker Amadou Binta (Louga) 13/12/1941	Sableux (Dior rouge)	0,07	0,25	1,24		
71 s.	Station Expérimentale Bambey 5/4/1943	Sableux (Dior gris)	1,18	0,24	1,31		0,38
11 P.	Centre Expér. de Noro-du-Rip 17/2/1942	Sableux (Dior gris)	1,88	0,33	3,05		
26 P.	Santamba (Niombato) 17/4/1942	Sableux (Kegné-Kegné)	0,44	0,09	1,47		
37 P.	Centre Exp. de Sinthiou-Malème 12/5/1942	Sableux (Kegné-Kegné)	0,08	0.27	1,24		
100	Netteboulou (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegné-Kegné)	0,53	0,28	2,13		
101	Missira (Cercle de Tambacounda) 1942	Sableux (Kegné-Kegné)	0,15	0,20	1,46		
72 s.	Station Expér. de M'Bambey 20/4/1943	Sablo-argileux (Ban)	0,08	0,78	8,91		
25 P.	Santamba (Niombato) 17/4/1942	Sablo-argileux (Bancofing)	0,22	0,11	1,83		
55 P.	Ouakam (Presqu'île du Cap-Vert) 7/2/1943	Sablo-argileux (orig. basaltique et éolienne)	0,24	0,53	1,29	0,17	0,25
18"	Station Agronomique de Diorbivol 1941	Argilo-sableux (Fondé)	0,55	0,98	2,89		0,70
57 P.	Ouakam (Presqu'île du Cap-Vert) 7/2/1943	Argileux (d'origine basaltique)	1,01	1,47	1,96	1,44	0,81
40 P.	Mare de Guiligara (Sinthiou-Malème) 12/5/1942	Argilo-humifère (Faro)	0,20	0,56	2,43		
30	Sangalkam 23/1/1941	Argilo-humifère (Niayes)					1,60
32 P.	Kar Diadiou (N'Dangane) 21/4/1942	Salin (Tanne)	0,02	0,26	0,78		
15	Marigot de M'Baba (Tivaouane) 12/10/1940	Salin		0,27	1,48		0,18

teneurs totales, car il existe des silicates potassiques attaquables seulement par l'acide fluorhydrique.

b) les réserves en chaux sont au contraire très appréciables : généralement de 1 à 2 p.1000.

Le fait s'explique facilement par l'existence, à profondeur plus ou moins grande, dans la plupart des provinces du Sénégal, de couches marneuses ou calcaires d'origine crétacée ou éocène; lorsque la couche sableuse est trop épaisse (parfois 30 ou 40 mètres dans le Cayor), il est évident que ces formations restent sans efficacité; mais lorsque le calcaire ne se trouve qu'à quelques mètres, les arbres peuvent y puiser la chaux par leurs racines et la faire remonter en surface où elle est rendue à la terre arable par la chute des feuilles. Parfois, le calcaire est très près de la surface et la teneur en CaO est très élevée: ex. profil N° 72s.

Enfin, les limons du Sénégal et les basaltes de la région de Dakar ont donné naissance à des terrains relativement riches.

c) Les teneurs en azote total, obtenues par la méthode de Kjeldahl, sont faibles dans tous les sols minéraux : 0,3 à 0,8 p.1000. Seuls les terrains humifères sont nettement plus riches : 1 à 4 p.1000. Cet élément a d'ailleurs été déjà étudié en même temps que la matière organique.

d) Les rapports $\frac{\text{réserve en éléments}}{\text{fraction assimilable}}$ présentent un certain intérêt :

— pour P^2O^5, ce rapport varie de 3 à 20; les valeurs les plus faibles se rencontrent dans les sols épuisés du Cayor :

ex. 61' — 62' : Dior rouges, épuisés, rapport 3; c'est peut-être l'une des raisons des rendements dérisoires que l'on y observe actuellement (200 kgs d'arachide à l'hectare, par exemple); les réserves en P^2O^5 étant très faibles et ne libérant qu'une fraction assimilable minime, la loi du minimum peut jouer du fait de la carence de cet élément nutritif.

— pour K^2O, le rapport varie entre les mêmes limites : de 3 à 20 et c'est encore dans les terres épuisées du Cayor qu'il est le plus faible.

— enfin, la valeur de $\frac{\text{réserve CaO}}{\text{CaO dit assimilable}}$ est toujours faible : de 1,5 à 4; le plus souvent, elle est inférieure à 2; ce qui s'explique aisément du fait que la majeure partie de la chaux du sol est sous forme échangeable.

e) Il est possible enfin de dresser, de façon très théorique d'ailleurs, un bilan des possibilités de ces sols au point de vue de la perennité des rendements, en se basant sur leurs réserves d'une part, et sur l'exportation d'éléments fertilisants par les cultures d'autre part.

Nous avons eu l'occasion de déterminer au laboratoire de M'Bambey les exportations d'éléments par l'arachide : pour une bonne récolte, en culture indigène (rendement 1.000 kgs de gousses à l'hectare), on obtient les chiffres suivants :

P^2O^5	10 kgs/Ha.
K^2O	28
CaO	18
MgO	12
N	70

Il est utile de rappeler que cette exportation est intégrale, très peu d'éléments revenant au sol, car au moment de l'arrachage, on enlève la presque totalité du système radiculaire et d'autre part la paille est utilisée comme fourrage et fait l'objet d'un commerce local très important.

Or, les valeurs moyennes des réserves contenues dans le sol sont les suivantes :

— terres sableuses épuisées du Cayor :

P^2O^5	— 0,1 p.1000	soit	400 kgs/Ha
K^2O	— 0,23 p.1000	soit	920
CaO	— 1,25 p.1000	soit	5000

— terres sableuses fertiles du reste du territoire :

P^2O^5	— 0,5 p.1000	soit	2000 kgs/Ha.
K^2O	— 0,3 p.1000	soit	1200
CaO	— 1,8 p.1000	soit	7200

On voit que les sols dits « épuisés » contiennent des réserves de P^2O^5 et K^2O, capables d'assurer théoriquement encore 35 à 40 bonnes récoltes; or, ils ne fournissent plus, dès maintenant, ces bonnes récoltes, puisque le rendement est tombé à 200 kgs.

Il semble donc que ces ultimes réserves soient difficilement utilisables par la plante et se transforment très peu en éléments assimilables.

Dans le cas des sols sableux encore fertiles pour l'arachide, les réserves en P^2O^5 permettraient d'espérer 200 bonnes récoltes; la potasse semble être un facteur limitant, mais il ne faut pas attacher trop de valeur au chiffre qui indique la valeur de sa réserve : 1200 kgs; la réserve réelle est certainement beaucoup plus forte et là encore, 100 à 200 récoltes seraient théoriquement possibles.

J. — LES SELS NOCIFS.

Nous examinerons surtout la question des chlorures qui est de beaucoup la plus importante.

Le tableau XVI donne la répartition de ces sels dans quelques profils typiques. La plupart de ces profils ont été observés en fin de

TABLEAU XVI.

Les chlorures dans les sols du Sénégal.

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols	Horizons	Chlorures en ClNa pour 1,000 gr de terre fine
113 P.	Guilass (Loulle Sessène) 11/6/1948.	Tanne: partie Sud très salée, incultivable; aucune végétation.	B1 — 0 à 5 cm. Sable à efflorescences salines.	33,51
			B2 — 5 à 25 cm. Sable avec traînées humifères noires et ferrugineuses jaunes.	35,45
			B2 — 25 cm. à 1 m. Idem.	48,09
112 P.	Guilass (Loulle Sessène) 11/6/1948.	Tanne: partie Nord en voie de dessalement; peuplement de *Borreria verticillata*. Pas encore cultivable.	A1 ou B1 — 0 à 20 cm. Noir.	17,26
			C. — 20 à 60 cm. Sable blanc	4,70
			B2 — 60 à 80 cm. Sable rougeâtre ferrugineux.	4,63
			B3 — 80 cm. à 1 m. Sable ferrugineux rouge.	6,62
			B4 — > 1 m. Sable noirâtre	5,80
118 P.	Guilass (Loulle Sessène) 11/6/1948.	Tanne: zone dessalée cultivée en riz.	A1 — 0 à 10 cm. Noir.	0,84
			B1 — 10 à 80 cm. Gris jaunâtre.	1,26
			B2 — > 80 cm. Sable jaune rougeâtre.	2,22
36 P.	Palmarin (N'Dangane) 21/4/1942.	Tanne, très salé, incultivable; aucune végétation.	B1 — Efflorescences blanches de 1 cm. d'épaisseur.	316,28
			A1 — 1 à 20 cm. Noir.	20,08
32 P.	Ker Diadiou (N'Dangane) 21/4/1942.	Tannes en voie de dessalement, non cultivable.	A1 — 0 à 10 cm. Gris brun.	5,20
			B1 — 10 à 40 cm. Rouge ferrugineux.	1,02
			B1 — 40 à 80 cm. Rouge ferrugineux.	1,83
			B2 — 80 à 140 cm. Sable jaunâtre.	11,99
109 P.	Fayl (Fatick) 8/4/1948.	Tanne: zone dessalée apte à la riziculture.	A1 — 0 à 20 cm. Gris brun.	0,87
			B1 — 20 à 40 cm. Brun rougeâtre.	0,37
			C. — 50 à 60 cm. Sable blanc.	0,14
			B2 — > 60 cm. Sable rouge à oxyde ferrique.	0,80
34	Boulguène (Kébémer) 12/11/1940.	Niaye.	A1 — 0 a 20 cm. Noir.	2,50
1 B.	M'Boro. Mai 1946.	Niaye.	A1 — 0 à 20 cm. Noir.	2,30
8 R.	Richard-Toll 7/3/1948.	Fondé: végétation de *Suaeda maritima* et *Tamarix gallica*.	A — 0 à 60 cm. Gris.	0,50
			C' — 60 cm. à 1 m. Sable blanc.	—
			B1 — 1 m. à 1m30. Jaunâtre.	4,56
			B2 — 1m30 à 1m33. Gris bleuté.	16,26
41	Ker Samba Kane (Baol) Juin 1941.	Marigot; aucune végétation.	B. — 0 à 20 cm. Gris blanchâtre.	140,60
15	M'Baba (Tivaouane) Octobre 1940.	Marigot (ancienne rizière).	A. — 0 à 20 cm. Gris brun.	1,14

saison sèche, ce qui permet de mieux juger du degré de salure du terrain; car à cette époque de l'année, le sel, lorsqu'il est abondant, remonte en surface où il se concentre sous forme d'efflorescences blanches.

ex. 113P. Surface
36P. »
41. »

Nous noterons les faits suivants :

a) Salure maxima compatible avec la culture :

Les teneurs en chlorures sont évidemment très différentes suivant que l'on observe un terrain stérile ou un terrain cultivable.

ex. tanne de Guilass :

— dans un terrain stérile sans aucune végétation (113P), on note 33,51 p.1000 de ClNa en surface et jusqu'à 48 p.1000 en profondeur;

— dans un terrain en voie de dessalement (112P), à peuplement de *Borreria* et présentant déjà un horizon A1 humifère formé par la décomposition de ces plantes, on ne note plus que 17,26 p.1000. Cette teneur est cependant encore prohibitive et le riz n'y pousse pas. On voit que la présence de *Borreria* ne peut pas être considérée comme indicatrice de terrains cultivables, comme on l'a cru parfois.

Dans le reste du profil la salure est moins forte (4,6 à 6,6 p.1000) et il est probable qu'au cours de l'hivernage, par le jeu du lessivage, la terre arable se dessalera; la culture n'est cependant pas possible,

TABLEAU XVII

Etude analytique de quelques sols salins du Sénégal.

Nos d'analyse	Lieux et dates de prélèvement	Types de sols et horizons	Teneurs pour 1000 gr. de terre fine desséchée						
			Cl	SO^4	Co^3	Na	Mg	Ca	K
111 P.	Guilass 8/4/1948.	Tanne. Efflorescences superficielles.	119,59	30.90	0	53,77	9,91	3,60	
112 P.	Guilass 11/6/1948.	Tanne. A1 ou B1 0 à 20 cm.	10,48	2,72	0	4,66	1.17	0,48	
8 R.	Richard-Toll 7/3/1948.	Fonde. B2 1m30 à 1m33.	9,87		0	7,12	1,68	2,00	1,12
34	Boulguène 12/11/1940.	Niaye. A1 0 à 20 cm.	1,52	92,25	0,90			125,50	
41	Ker Samba Kane Juin 1941.	Marigot. B 0 à 20 cm.	85,32	4,16	1,74		4,78	13,83	0,19

car ce dessalement n'est pas encore réalisé au moment de la germination.

— enfin, dans un terrain dessalé et rizicultivable (118P), la teneur n'est plus que de 0,84 p.1000 en surface, et 1 à 2 p.1000 en profondeur.

Le terrain 32P avec 5,20 p.1000 n'est pas encore cultivable. Cependant, il existe dans le Sine-Saloum des variétés locales de riz capables de germer, semble-t-il, dans des terres arables contenant jusqu'à 4 p.1000 de ClNa.

b) Composition des mélanges salins nocifs :

Le sel dominant est ClNa.

ex. 111P.

à 53,77 p.1000 de Na correspond 83 p.1000 de Cl, soit 136,77 de ClNa.

Le reste du chlore est combiné au magnésium, ce qui donne 39 p.1000 de Cl^2Mg.

Enfin, il existe environ 12 p.1000 de gypse (SO^4Ca).

Cette composition se retrouve sensiblement identique dans tous les terrains de « tannes » :

ex. 112P.

forte prédominance de ClNa
présence de Cl^2Mg
traces de SO^4Ca.

Dans certains terrains de Niayes, c'est le gypse qui est prédominant :

ex. 130,7 p.1000 de SO^4Ca à Boulguène.

Enfin, dans certains marigots où les chlorures sont dominants, il existe des sulfates et aussi des traces de carbonates. Le pH est assez élevé (7,8) et il est possible que ces terrains soient d'anciens solonetz améliorés par dessalement partiel.

2. — LA COMPOSITION DES PROFILS.

A. — CAS DES SOLS ZONAUX.

Nous avons vu que ce sont de beaucoup les plus répandus et qu'ils groupent en particulier tous les sols sableux, sablo-argileux et argilo-sableux. Nous donnons ici quelques extraits des bulletins d'analyse du laboratoire qui vont nous permettre de caractériser la composition de leurs profils.

La différenciation en horizons est uniforme et résulte de la même évolution climatique.

On constate les faits suivants :

a) L'horizon A semble se réduire le plus souvent à A1, légèrement humifère :

α) L'horizon Ao a été omis volontairement dans l'analyse des profils, car il est souvent peu important (terrains déboisés, champs cultivés); il n'est vraiment visible que dans les friches recouvertes d'une végétation dense : ex. savane arbustive à *Acacia stenocarpa* des régions centrales; forêt de savane des régions méridionales.

β) L'horizon A1 se décèle par :

— sa couleur (fait déjà étudié);

— son extrême siccité au cours de la saison sèche;

— sa teneur en matière organique presque toujours plus forte que dans les horizons sous-jacents :

ex. profils 71s — 95s — 72s — etc.

Les Diors dégradés du Cayor font exception : on note parfois une teneur en matière organique égale ou supérieure dans les horizons sous-jacents; l'horizon superficiel ne représente d'ailleurs plus A1, dans beaucoup de cas; ce serait d'après AUBERT l'horizon B mis à nu, à la suite de l'enlèvement de A1 par l'érosion.

ex. profils 61' — 124P — 125P.

— sa teneur en oxyde de fer libre, presque toujours inférieure à celle des horizons sous-jacents :

ex. 71s — 95s.

γ) La présence de l'horizon A2 est plus contestable :

— le plus souvent, il ne se décèle pas par sa couleur; au-dessous de A1 viennent immédiatement des horizons gris jaunâtre ou rougeâtre à oxyde ferrique.

ex. 72s.

Dans certains cas cependant entre A1 gris grun et B jaunâtre existe un horizon gris clair qui correspond à A2 :

ex. 71s — 95s.

— il correspond rarement à un minimum de la teneur en humus dans le profil, car l'humus est peu entraîné vers la profondeur; le cas s'observe parfois cependant .

ex. 72s :

entre A1 : 1,12 p.100 d'humus
et B : 0,29 p.100 d'humus

on note un horizon n'en contenant que 0,19.

Dans certains cas, l'horizon A2 est superficiel : il y a eu entraînement de l'humus vers un horizon B peu profond et l'horizon A1 est lui-même disparu par insuffisance des apports organiques de l'extérieur.

ex. profil 17P, au Centre Expérimental de Louga :

A2. — 0 à 25 cm. Gris jaunâtre. Humus : 0,10 p.100
B. — 25 à 80 cm. Brun noir. Humus : 0,30 p.100.

Le fait s'observe surtout dans la région de Louga, où il n'est pas rare de trouver de ces horizons B humifères.

PROFIL N° 61'

Fiche descriptive:

Genre de sol	Fortement sableux.
Nom vernaculaire	Dior.
Lieu	Bayack (Cercle de Louga).
Date de prélèvement	13 décembre 1941.
Orographie	Ancienne dune, à relief très atténué.
Hydrographie	Pas d'eau superficielle; nappe phréatique à plus de 20 mètres.
Régime pluviométrique	Chute annuelle: 444 mm. à Louga, de juin à octobre, avec 31,6 jours de pluie.
Végétation spontanée	Savane très claire du domaine sahélien à *Acacia Raddiana* et *Balanites aegyptiaca*.
Origine géologique	Apports éoliens quaternaires sur marnes éocènes très profondes.
Evolution pédologique	Terrain dégradé par érosion pluviale et éolienne.
Caractères agrologiques actuels	Sol très léger et perméable; très peu d'éléments colloïdaux, pouvoir absorbant très faible.
Vocation et valeur culturales	Terre épuisée, rendement en arachides faible (200 kg./Ha.). Donnait encore d'assez bonnes récoltes il y a 15 ans.
Régime cultural	Mil-arachide pendant de nombreuses années.
Observations diverses	Exemple typique des sols dégradés du Cayor.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	B1	B1	B2
Caractères des horizons:			
Profondeur et puissance	0 à 25 cm.	25 à 60 cm.	60 à 100 cm.
Couleur	rougeâtre	rougeâtre	rouge
Analyse mécanique et physique:			
Terre fine pour 100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée a 105°:			
Sable grossier	61,2	55,3	67,2
Sable fin	36,6	41,5	30,2
Limon	0,3	0,3	traces
Argile	1,6	2,6	2,2
Carbonates	0	0	0
Matières organiques totales	0,3	0,3	0,4
dont humus	0,14	traces	traces
REACTION: pH	6,7	6,4	6,2
Eléments assimilables pour 1.000 gr. de terre fine:			
P^2O^5	0,03	0,02	0,02
K^2O	0,07	0,05	0,03
CaO	0,15	0,17	0,12
Eléments fertilisants solubles aux acides forts pour 1.000 grammes de terre fine:			
P^2O^5	0,09		
K^2O	0,20		
CaO	1,15		
N	0,48		
Oxyde de fer libre en Fe^2O^3 p. 1.000	0,80	0,80	1,45

FROFIL N° 124 P

Fiche descriptive:

Genre de sol	Fortement sableux.
Nom vernaculaire	Dior.
Lieu	1 km. 500 ouest de Coki (Cercle de Louga).
Date de prélèvement	9 mars 1948.
Orographie	Sommet d'une ancienne dune, à relief très atténué.
Hydrographie	Pas d'eau superficielle; nappe phréatique à plus de 20 mètres.
Régime pluviométrique	Chute annuelle: 517,2 mm., de juillet à octobre.
Végétation spontanée	Savane très claire, à *Faidherbia albida*, *Balanites aegyptiaca* dominants. *Bauhinia reticulata* et *B. rufescens* disséminés.
Origine géologique	Apports éoliens quaternaires sur éocène inférieur marno-calcaire très profond.
Evolution pédologique	Interne: illuviation vers le sous-sol des colloïdes, des bases et de l'oxyde ferrique.
	Superficielle: sol dégradé par érosion pluviale et éolienne.
Caractères agrologiques actuels	Terrain très léger et très perméable; réseau capillaire restreint; constituant colloïdal insuffisant. Sol minéral, presque squelettique.
Vocation et valeur culturales	Arachide et petit mil hâtif. Fertilité très faible: sol épuisé.
Régime cultural	Rotation mil-jachère-arachide. Arachide en 1947.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	B1	B2
Caractères des horizons:			
Profondeur et puissance	0 à 25 cm.	25 à 80 cm.	80 à 150 cm.
Couleur	gris rougeâtre	rougeâtre	rouge
Analyse mécanique et physique:			
Terre fine pour 100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:			
Sable grossier	38.5	42,3	47,9
Sable fin	58,3	53,4	49,1
Limon	0,7	0,7	0,1
Argile	2,0	3,0	2,5
Carbonates	0	0	0
Matières organiques totales	0,5	0,6	0,4
dont humus	0,25		
REACTION: pH	7,3	6,7	6,7
Analyse chimique:			
Bases échangeables en oxydes pour 1.000 grammes de terre fine:			
CaO	0,35	0,39	0,32
MgO	0,23	0,44	0,35
K^2O	0,04	0,05	0,04
Na^2O	0,05	0,02	0,03

FROFIL N° 125 P

Fiche descriptive:

Genre de sol	Fortement sableux, sol squelettique.
Nom vernaculaire	Dior.
Lieu	Ouest de Louga, 2 km. sud de K.M'Barick (Cercle Louga).
Date de prélèvement	10 mars 1948.
Orographie	Au sommet d'une dune.
Hydrographie	Pas d'eau superficielle, nappe phréatique très profonde.
Régime pluviométrique	Chute annuelle: 444 mm. 6 à Louga, de juin à octobre, avec 31,6 jours de pluie.
Végétation spontanée	Savane très claire du domaine sahélien, à *Parinari macrophylla* et *Guiera senegalensis* dominants.
Origine géologique . . .	Dunes vives quaternaires.
Evolution pédologique . .	Sol squelettique, peu évolué.
Caractères agrologiques actuels .	Constituant colloïdal insuffisant, pouvoir absorbant très faible. Excessivement perméable.
Vocation et valeur culturales . .	Incultivable.
Régime cultural	Friche.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	B1	B2
Caractères des horizons:			
Profondeur et puissance	0 à 25 cm	25 à 80 cm	80 à 125 cm.
Couleur	gris	rougeâtre	rougeâtre
Analyse mécanique et physique:			
Terre fine pour 100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:			
Sable grossier	45,7	42,6	45,3
Sable fin	52,6	53 6	51,6
Limon	0,5	0,5	0,5
Argile	0,9	2,8	2,3
Carbonates	0	0	0
Matières organiques totales	0,3	0,5	0,3
REACTION: pH . . .	6,9	6,3	6,1
Analyse chimique:			
Bases échangeables en oxydes pour 1.000 grammes de terre fine:			
CaO	0,20	0,03	0,07
MgO	0,44	0,20	0,09
K^2O	0,04	0,04	0,03
Na^2O	0,03	0,02	0,02
Oxyde de fer libre p. 1.000 gr. de terre fine en Fe^2O^3 .	traces	traces	0,32

FROFIL N° 71s

Fiche descriptive:

Genre de sol	Sableux.
Nom vernaculaire	Dior.
Lieu	Station Expérimentale de Bambey.
Date de prélèvement	5 avril 1943.
Orographie	Ancienne dune au relief très atténué.
Hydrographie	Pas d'eau superficielle. Nappe phréatique à 25 mètres.
Régime pluviométrique	Chute annuelle: 653 mm. 7, de juin à octobre, avec 43 jours de pluie.
Végétation spontanée	Savane arborée à *Faidherbia albida* et *Adansonia digitata* dominants.
Origine géologique	Apports éoliens quaternaires. Marno-calcaires crétacé-éocènes à 8 ou 10 mètres de profondeur.
Evolution pédologique	Sol zonal, à horizon d'illuviation en profondeur.
Caractères agrologiques actuels .	Terrain léger et perméable; peu d'éléments colloïdaux, faible pouvoir absorbant.
Vocation et valeur culturales•. .	Terre à arachide et à petit mil. En voie d'appauvrissement.
Régime cultural	Assolement triennal: Mil fumé — jachère — arachide.
Observations diverses	Exemple typique des sols à arachide de la Station de M'Bambey.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	A1	B1	B2	B3
Caractères des horizons:					
Profondeur et puissance . .	0 à 20 cm.	20 à 50 cm.	50 à 100 cm	100 à 200 cm.	200 à 270 cm.
Couleur	gris	gris clair	jaunâtre	jaune rougeâtre	rougeâtre
Analyse mécanique et physique:					
Terre fine pour 100	100	100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:					
Sable grossier	32,7	33,5	31,0	28,4	26,9
Sable fin	62,1	58,6	62,2	57,9	58,5
Limon	0,7	0,8	0,9	0,6	0,5
Argile	3,7	6,6	5,5	13,0	14,1
Carbonates	0		0	0	0
Matière organique totale . .	0,8	0,5	0,4	0,1	traces
dont humus	0,4	0,3	0,3		
REACTION pH	7,0	6,9	7,0	7,2	6,8
Analyse chimique:					
Bases échangeables en oxydes pour 1.000 grammes de terre fine:					
CaO	0,76	0,51	0,60	0,74	0,48
MgO	0,23	0,11	0,10	0,18	0,09
K_2O	0,16	0,03	0,05	0,08	0,04
Na_2O	0,39	0,07	0,06	0,15	0,07
Eléments nutritifs solubles aux acides forts:					
P_2O_5	1,18				
K_2O	0,24				
Fer total en Fe_2O_3 p. 1.000 . .	7,42	7,75	11,30	13,23	13,40
Oxyde de fer libre	3,07	4,36	4,04	6,70	4,68

PROFIL Nº 95s

Ficne descriptive:

Genre de sol	Sableux.
Nom vernaculaire	Dior.
Lieu	Station Expérimentale de M'Bambey.
Date de prélèvement	28 mai 1948.
Orographie	Ancienne dune à relief très atténué.
Hydrographie	Pas d'eau superficielle. Nappe phréatique à 25 mètres.
Régime pluviométrique . . .	Chute annuelle: 653 mm. 7, de juin à octobre, avec 43 jours de pluie.
Végétation spontanée . .	Savane arborée à *Faidherbia albida* et *Adansonia digitata* dominants.
Origine géologique	Apports éoliens quaternaires. Marno-calcaires crétacé-éocénes à 8 ou 10 mètres de profondeur.
Evolution pédologique	Sol zonal, à horizon d'illuviation en profondeur.
Caractères agrologiques actuels .	Terrain léger et perméable; peu d'éléments colloïdaux, faible pouvoir absorbant.
Vocation et valeur culturales . .	Terre à arachide et à petit mil. Fertilité moyenne.
Régime cultural	Assolement arachide — jachère — jachère.
Observations diverses	Exemple typique des sols à arachide de la Station de M'Bambey.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	A2	B1	B2
Caractères des horizons:				
Profondeur et puissance.	0 à 30 cm.	30 à 60 cm.	60 à 130 cm.	130 à 160 cm.
Couleur	gris	gris clair	gris jaunâtre	jaunâtre
Analyse mécanique et physique:				
Terre fine pour 100	100	100	100	
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:				
Sable grossier	27,7	28,0	25,8	
Sable fin	65,2	57,9	56,9	
Limon	1,9	6,4	1,6	
Argile	4,8	7,3	5,4	9,2
Carbonates	0	0	0	
Matières organiques totales	0,4	0,4	0,3	
REACTION: pH	6,3	6,1	6,1	6,2
Analyse chimique:				
Bases échangeables en oxydes pour 1.000 grammes de terre fine:				
CaO	0,64	0,53	0,43	0,71
MgO	0,18	0,15	0,11	0,20
K_2O	0,04	0,06	0,08	0,10
Na_2O	0,14	0,08	0,08	0,10
Oxyde ferrique libre en Fe_2O_3 p. 1.000 . .	traces	0,97	0,32	0,48

PROFIL N° [illegible]

Fiche descriptive:

Genre de sol	Sablo-argileux.
Nom vernaculaire	Ban
Lieu	Station Expérimentale de M'Bambey.
Date de prélèvement	20 avril 1943.
Orographie	Dépression de terrain.
Hydrographie	Parfois submergé après les fortes pluies.
Régime pluviométrique	Chute annuelle: 653 mm. 7, de juin à octobre, avec 43 jours de pluie.
Végétation spontanée	Savane arborée à *Ficus gnaphalocarpa, Mitragyna inermis, Diospyros mespiliformis.*
Origine géologique	Apports d'éléments fins par ruissellement et apport éolien de sable, sur sous-sol calcaire (couches de passage du crétacé à l'éocène).
Evolution pédologique	Traces de sels ferreux (horizon de Gley) en surface, en fin de saison humide. Horizon d'illuviation pour l'argile et les bases échangeables de 1m40 à 1m60.
Caractères agrologiques actuels .	Relativement compact, assez perméable.
Vocation et valeur culturales . .	Cultures potagères. Richesse moyenne.
Régime cultural	Friche.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	B1	B1	B2	B3	B3 et Co
Caractères des horizons:						
Profondeur et puissance	0 à 50 cm.	50 à 100 cm.	100 à 140 cm.	140 à 160 cm.	160 à 180 cm.	180 à 230 cm.
Couleur	brun noir	jaunâtre	jaunâtre	gris brun	jaunâtre	jaunâtre av. trainées blanches de carbonates
Analyse mécanique et physique:						
Terre fine pour 100.	83 (13,7 % de cailloux et 3,3 % de graviers calcaires)	100 (avec traces de graviers calcaires)	100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:						
Sable grossier	28,4	37,2	32,7	31,0	29,9	27,9
Sable fin	58,1	53,5	60,0	53,0	52,9	56,7
Limon	1,2	0,4	0,6	0,3	traces	traces
Argile	9,8	7,6	6,4	13,3	17,2	15,4
Carbonates	0,5	0,5	traces	1,5	traces	traces
Matières organiques totales.	2,0	0,8	0,3	0,9	0	0
dont humus	1,12	0,34	0,19	0,29		
REACTION: pH	7,3	7,5	7,5	7,9	7,8	7,8
Analyse chimique:						
Bases échangeables en oxydes pr 1.000 gr. de terre fine:						
CaO	8,26	4.73	2,03	11,20	1,99	
MgO	0,69	0,38	0,27	0,66	0,27	
K^2O	0,26	0,11	0,13	0.40	0,17	
Na^2O	0,39	0,18	0,19	0,28	0,16	

— C'est la teneur en bases échangeables qui fournit le meilleur argument en faveur de l'existence d'un horizon A2; en effet, on note presque toujours entre A1 d'une part et un horizon B2 de teinte jaune ou rouge d'autre part, un minimum de cette teneur dans un horizon que nous avons dénommé B1 parce qu'il est jaunâtre et marque le début de l'illuviation de l'oxyde ferrique et aussi parfois de l'argile.

ex. profil 72s à M'Bambey :

	A1	B1	B2
	Brun noir	*Jaunâtre*	*Brun noir*
CaO	8,26	2,03	11,20
MgO	0,69	0,27	0,66
K^2O	0,26	0,13	0,40
Na^2O	0,39	0,19	0,28
Argile p.100	9,8	6,4	13,8
Humus p.100	1,12	0,19	0,29

— profil 9P à Nioro-du-Rip :

	A1	B1	B2
CaO	0,35	0,20	0,32
K^2O	0,17	0,11	0,10
Argile p.100	36,6	16,3	25,4
ClNa p.1000	0,56	0,26	0,47

— profil 90P. à Barone (Malème-Hodar):

	A1	B1	B2
	Brun noir	*Jaunâtre*	*Jaunâtre*
Argile p.100	4,5	21,4	31,3
CaO p.1000	0,38	0,20	0,40

Les profils 71s et 95s dont nous donnons la composition dans les bulletins d'analyse ci-joints sont également très typiques à cet égard :

— enfin, le pH passe également, le plus souvent, par un minimum:

ex. profil 9P :

A1	B1	B2
5,3	4,7	5,1

profil 71s :

A1	B1	B2
7,0	6,9	7,2

Dans les sols des régions centrales et méridionales recouverts d'une forêt de savane, on note presque toujours une réaction franchement acide dans cet horizon B1 (ou A2) alors que A1 n'est que légèrement acide.

On voit donc que l'identification de cet horizon intermédiaire est contestable : si l'on tient compte de l'illuviation du fer et aussi le plus souvent de l'argile, il faut le dénommer B1; si l'on considère au contraire qu'il est le siège d'une éluviation des bases échangeables avec passage de la réaction par un minimum, il correspond à un horizon

A2. Si bien qu'en définitive, il est permis de supposer que tous ces terrains zonaux du Senegal sont peut-être en voie de podzolisation.

b) Existence constante et incontestable d'un horizon illuvial B :

Cet horizon est caractérisé par les faits suivants :

— sa couleur (parfois noirâtre dans les cas exceptionnels où il y a illuviation d'humus, est, le plus souvent, jaune ou rouge, par suite de l'accumulation de l'oxyde ferrique) :

ex. 61' — 124P — 71s — etc.

— sa compacité : il est toujours plus compact que A parce que plus argileux;

— sa profondeur est variable; d'une façon assez générale, il débute à 20 ou 25 cm. dans les sols dont l'horizon A est sablo-argileux ou argilo-sableux; tandis que dans les terrains sableux, il n'apparaît qu'à 30-60 cm.

— sa puissance, c'est-à-dire son épaisseur, est très importante : plusieurs mètres en général.

— il est polymorphe et peut être divisé en sous-horizons : on observe presque toujours la succession suivante :

A1.

B1 (ou A2). Gris jaunâtre ou franchement jaune

B2. Rougeâtre.

B3. Franchement rouge.

B4. Apparition de concrétions ferrugineuses rouges et plus ou moins dures; l'existence de B4 ne semble d'ailleurs pas constante; ou bien il faut admettre qu'il existe à profondeur plus grande que celle que l'on a atteinte dans les profils :

ex. 71s. Apparition de concrétions à 2 m. 70.

— son humidité :

Cet horizon conserve généralement une réserve d'eau non négligeable pendant toute la saison sèche; c'est ainsi que le profil 71s, prélevé le 5 avril, était cependant humide à partir de 70 cm. dans l'horizon B1.

De même le profil 72s examiné le 20 avril, c'est-à-dire en pleine saison sèche, était humide à partir de 1 m. 60 dans l'horizon B3. Le fait est en relation avec la nature sableuse des horizons superficiels : la remontée capillaire est très réduite, et les colloïdes accumulés dans l'horizon B, conservent presque intégralement leur eau, en raison de leur pouvoir d'imbibition. Il existe donc dans ces profils, en fin de saison sèche, une démarcation nette entre les couches superficielles desséchées et le sous-sol légèrement humide; cette démarcation correspond souvent à la ligne de séparation des horizons A et B, ce qui est normal puisque la présence d'humidité indique le début des couches d'où les solutions du sol ne peuvent plus remonter, donc les couches où les bases s'accumulent.

— accumulation de l'oxyde ferrique libre surtout dans les sous-horizons rouges :

71s — B2 à 1 m. — rougeâtre : 6,70 p.1000 de Fe^2O^3
4R — B2 à 1 m. 65 — rouge : 17,11 p.1000 de Fe^2O^3

Dans les horizons jaunes, il y a également illuviation de Fe^2O^3, mais de façon moins accusée.

Le fer qui migre ainsi vers le sous-sol ne reste pas entièrement à l'état libre ainsi que le montre le profil 71s : la teneur en fer total qui passe également par un maximum dans l'horizon B2 rouge, est nettement plus élevée que la teneur en fer libre :

13,23 p.1000 de Fe^2O^3 total
contre 6,70 p.1000 de Fe^2O^3, libre

Il faut donc admettre qu'une partie importante du fer s'insolubilise dans l'horizon B sous forme de phosphate, de silicate, d'humate ou plutôt sous une autre forme inconnue : en effet, d'une part la teneur de P^2O^5 est très faible dans ces sols, comme nous l'avons signalé; d'autre part, les ferrisilicates sont solubles dans l'acide oxalique et ils entrent dans la fraction fer libre; enfin, l'humus existe bien dans tout le profil, mais en quantité très faible dans les horizons B; il reste donc à préciser sous quelle forme se précipite ce fer non libre.

Dans cet ordre d'idées, il importe de signaler que dans les Diors rouges du Cayor la quantité de fer libre donnée par l'analyse est anormalement faible :

ex. profil 61' — rouge sur tout son profil :
Fe^2O^3 libre = 0,80 — 0,80 — 1,45 p.1000
de même 125P.
Fe^2O^3 : traces — traces — 0,32.

Enfin, dans un échantillon de gravillons ferrugineux surmontant la cuirasse miopliocène, nous avons trouvé les teneurs suivantes :

Fe^2O^3 total pour 100 : 48.42
Fe^2O^3 libre pour 100 : 23,08

Rappelons au sujet de l'illuviation de l'oxyde ferrique que l'on trouve souvent, lorsque l'on observe le profil jusqu'à une profondeur assez grande, un horizon B4 à concrétions ferrugineuses, ce qui semble être un argument supplémentaire en faveur d'une évolution podzolique.

— l'argile s'accumule également dans l'horizon illuvial B; sa migration est d'ailleurs liée intimement à celle de l'hydroxyde ferrique.

ex. profil 71s, à la Station de M'Bambey :
A1 — 3,7 p.100 d'argile
B2 — 13 p.100 d'argile

B3 — 14,1 p.100 d'argile
profil 3 Ka à Kaffrien :
A1 — 4,1
B2 — 11,2
etc.

On pourrait en citer de nombreux exemples, car le phénomène se retrouve dans tous les sols zonaux du Sénégal.

Dans les Diors rouges du Cayor, au contraire, la teneur est sensiblement constante dans tout le profil, ce qui tend à confirmer la thèse d'AUBERT d'après laquelle ces sols ne seraient que les horizons B de profils tronqués.

ex. 61' à Bayack :

0 à 25 cm. — 1,6 p.100 d'argile
25 à 60 cm. — 2,6
60 à 100 cm. — 2,2

— N° 124P à Coki :

0 à 25 cm. — 2,0
25 à 80 cm. — 3,0
80 à 150 cm. — 2,5

— l'illuviation des bases échangeables se constate également de façon très nette.

ex. profil 71s à M'Bambey :

	A1	A2	B2
CaO	0,76	0,51	0,74
MgO	0,23	0,11	0,18
K^2O	0,16	0,03	0,08
Na^2O	0,39	0,07	0,15

Il en est de même dans les profils 95s — 72s — etc.

— enfin le pH, après avoir accusé un minimum dans l'horizon B1 (ou A2), remonte généralement dans l'horizon illuvial.

B. — CAS DES SOLS AZONAUX.

Ils sont représentés presque exclusivement par les sols argileux d'origine alluvionnaire de la vallée du Sénégal.

L'examen de leur profil exige d'ailleurs une certaine attention, car l'on serait tenté de les considérer comme très évolués du fait que l'on trouve toujours en profondeur des horizons rouges à oxyde ferrique; en réalité, on se trouve en présence de deux profils superposés, correspondant à deux roches-mères d'âges différents :

ex. profil 4R à Richard-Toll :

Sous la roche-mère C, essentiellement argileuse déposée par le fleuve, se rencontre une roche-mère C' sableuse d'origine marine et c'est au profil fossile C' que se rattachent les horizons d'illuviation

Genre de sol . . . . Argilo-sableux alluvionnaire.
Nom vernaculaire . . . . . Holaldé.
Lieu . . . . Station rizicole de Richard-Toll.
Date de prélèvement . . . 8 mars 1948.
Orographie . . . . Plaine.
Hydrographie . . . . A 1 km. environ de la rivière Taouey; nappe phréatique peu profonde
Régime pluviométrique . . . . 455 mm. 8, en 1947, de juillet à septembre, avec 30 jours de pluie.
Végétation spontanée . . . . . *Acacia Verek* et *Zizyphus jujuba* disséminés. Tapis d'*Heliotropium* sp.
Origine géologique . . . . . . Apports alluvionnaires du fleuve Sénégal sur sous-sol sableux d'origine marine.
Evolution pédologique . . . . . Sol azonal peu évolué; sous-sol sableux évolué, avec horizons d'illuviation.
Caractères agrologiques actuels . Terrain compact et impermeable; peut-être trop peu profond pour la culture irriguee.
Vocation et valeur culturales . . Bonne terre à rizières, si l'irrigation est possible.
Régime cultural . . . . Inculte depuis de nombreuses années.
Observations diverses . . . . . Sous-sol légèrement salé.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	B	C'	B1	B2	B3	C'
Caractères des horizons:							
Profondeur et puissance	0 à 25 cm.	25 à 60 cm.	60 à 90 cm.	90 à 165 cm.	165 à 170 cm.	170 à 172 cm.	172 à 200 cm.
Couleur	gris brun	gris bleuté	sable blanc	jaune	rouge	brun rouge	sable blanc
Analyse mécanique et physique:							
Terre fine pour 100	100	100	100	100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:							
Sable grossier	6,9	24,5	22,5	12,8	0.6	1,9	1.1
Sable fin	49,9	56,0	75,8	84.6	90,7	61,8	95.7
Limon	0,7	4,0	0,5	0,6	1,5	10,1	0.6
Argile	33,2	14,9	0.9	1,6	7,0	25,8	2.1
Carbonates	0	0	0	0	0	0	0
Matières organiques totales	1,3	0,6	0,3	0,4	0,2	0,4	0.5
dont humus	0,09						
RÉACTION: pH	6,2	6,7	6.9	6,7	6,0	5,7	6.1
Analyse chimique:							
Bases échangeables en oxydes pr 1.000 gr. de terre fine:							•
CaO	1,95	1,04	0.18	0,22	0.41	1,15	0.18
MgO	1,07	0.55	0.60	0,25	1.00	1,06	0.78
K²O	0,19	0.10	0.05	0,02	0,14	0,30	0.05
Na²O	0,09	0,07	0.06	0,06	0,25	0.36	0,09
Eléments assimilables (P²O⁵)	traces						
Eléments totaux (Azote)	0,30						
Oxyde ferrique libre en Fe²O³ p. 1.000	19,85	4,52	0.48	7,75	17,11	26,95	3,07
Chlorures en ClNa p 1.000	0,05	0,06	0.04	0,12	0,76	2,10	0,40

B1 — B2 — B3 ferrugineux; s'ils provenaient de la roche-mère C, la couche C' de 60 à 90 cm. aurait été imprégnée par la descente de l'argile dont la teneur serait supérieure à 0,9 p.100; le profil entier serait plus homogène et il n'y aurait pas cette discontinuité à 60-90 cm.

Ces terres argileuses sont généralement évoluées et présentent un état d'équilibre stable; on n'observe pas l'accumulation en profondeur de l'oxyde ferrique, des bases échangeables et des colloïdes; tout au plus note-t-on un horizon A1 humifère et parfois un horizon de Gley gris bleuté; c'est ainsi que les Holaldés présentent à Guédé les mêmes teneurs en argile et en bases échangeables jusqu'à plus de 1 m. de profondeur :

ex. profil N°.47 : A1 — 49,8 p.100 d'argile
C. — 49,5
C. — 50,2

Teneurs en CaO voisines de 2,90.

A ce groupe de sols azonaux se rattachent les terrains calcaires de la région de Sébikhotane qui présentent cependant une certaine évolution en ce sens qu'ils sont en voie de décalcification, et les sols argileux d'origine basaltique de la presqu'île du Cap Vert.

C. — CAS DES SOLS INTRAZONAUX.

a) **Les sols humifères.**

Tant qu'ils sont soumis à un apport abondant de matière organique ils présentent un état d'équilibre stable et ne se dégradent pas par évolution climatique.

ex. profil 46P à Sangalkam :
(Bulletin d'analyse ci-joint);
la composition est sensiblement constante jusqu'à 40 cm. de profondeur; les teneurs en argile, humus et bases échangeables sont comparables.

L'horizon situé de 40 à 60 cm. et qui est nettement moins riche en colloïdes et en bases, n'est pas un horizon A2 éluvial; il correspond au début d'un second profil sous-jacent dont la roche-mère est un sable d'origine marine; nous l'avons cependant dénommé A1, car il est légèrement imprégné d'humus.

L'état d'équilibre de ces terrains se rompt d'ailleurs assez facilement dès qu'ils se déboisent et que la matière organique ne se forme plus; ils sont alors soumis à l'évolution climatique et s'intègrent dans le groupe des sols zonaux.

b) **Les sols salins.**

Ces terrains sont au contraire nettement différenciés en horizons et ils subissent la même évolution climatique que les sols zonaux, surtout lorsqu'ils commencent à se dessaler.

Il semble qu'on puisse les rattacher au type solod :

PROFIL N° 46P

Fiche descriptive:

Genre de sol	**Humifère.**
Nom vernaculaire	Niaye ou Deurr.
Lieu	Station Expérimentale de Sangalkam (Cercle de Rufisque).
Date de prélèvement	10 février 1943.
Orographie	Au fond d'une vallée.
Hydrographie	A proximité d'un marigot, terrain humide. Nappe phréstique entre 1 et 2 mètres.
Régime pluviométrique	Chute annuelle : 646 mm. 9 à Rufisque, de juin à octobre, avec 40 jours de pluie.
Végétation spontanée	Ancienne galerie forestière du domaine subguinéen à *Elaeis guineensis*.
Origine géologique	Formation actuelle d'humus et apport d'éléments fins minéraux par ruissellement, sur sous-sol sableux d'origine marine.
Evolution pédologique	Sol jeune intrazonal, très peu évolué.
Caractères agrologiques actuels .	Terrain profond, humide, très humifère.
Vocation et valeur culturales . .	Cultures maraichères et bananeraies. Terrain riche.
Régime cultural	Cultures maraichères depuis 1940.
Observations diverses	Il y a parfois remontée de chlorures en saison sèche.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	Ao	A1	A1	C
Caractères des horizons:				
Profondeur et puissance.	0 à 20 cm.	20 à 40 cm.	40 à 60 cm.	sup. à 60 cm.
Couleur	noir	noir	gris noir	sable blanc presque pur
Anayse mécanique et physique:				
Terre fine pour 100	100	100	100	
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:				
Sable grossier	36,4	36,9	69,1	Non analysé
Sable fin	25,0	22,9	21,3	
Limon	0,2	0,5	traces	
Argile	31,1	34,6	7,4	
Carbonates	0	0	0	
Matières organiques totales . . .	7,3	5,1	2,2	
dont humus	4,08	3,32		
Analyse chimique:				
Bases échangeables en oxydes pour 1.000 grammes de terre fine:				
CaO	9,35	7,73	2,06	
MgO	0,88	0.90	0,39	
K^2O	0,18	0,19	0,16	
Na^2O	0,36	0,46	0,30	
P^2O^5 dit « assimilable »	0.21			

PROFIL N° 32P

Fiche descriptive:

Genre de sol	Salin.
Nom vernaculaire	Tanne.
Lieu	Ker Diadou, canton de N'Dangane (Sine-Saloum).
Date de prélèvement	20 avril 1942.
Orographie	Plaine basse.
Hydrographie	Pas d'eau superficielle en saison sèche, submergé temporairement en saison des pluies. Nappe phréatique à 1m40.
Régime pluviométrique	Chute annuelle à Foundiougne, à 30 km. à l'Est: 889 mm. 6, de juin à octobre, avec 52 jours de pluie.
Végétation spontanée	*Mangrove* sur les bords du tanne: *Avicennia* et *Rhizophora*. *Cyperus* sp. sur de petites buttes de terre.
Origine géologique	Sable et sels d'origine marine.
Evolution pédologique	Sol peu évolué, presque squelettique.
Caractères agrologiques actuels	Terrain fortement sableux et très salé.
Vocation et valeur culturales	Présentement incultivable.
Régime cultural	Terrain inculte.
Observations diverses	Une digue, construite en aval de ce terrain, empêche la remontée de l'eau salée; l'eau douce venant de l'amont en saison des pluies, doit dessaler le terrain.

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	C	B1	B2
Caractères des horizons:				
Profondeur et puissance	0 à 10 cm.	10 à 40 cm.	40 à 80 cm.	80 à 140 cm.
Couleur	gris	sable blanc rougeâtre	sable rougeâtre	jaunâtre
Anayse mécanique et physique:				
Terre fine pour 100	100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:				
Sable grossier	57,6	78,5	37,3	41,7
Sable fin	40,1	20,7	59,2	43,9
Limon	0,7	0,3	0,3	1,9
Argile	0,9	0,2	2,9	12,4
Carbonates	0	0	0	0
Matières organiques totales	0,7	0,3	0,3	0,1
dont humus	0,46			
REACTION: pH	6,3	7,1	6,7	5,4
Analyse chimique:				
Bases échangeables en oxydes pour 1.000 grammes de terre fine:				
CaO	0,32	0,20	0,18	0,43
MgO	0,31	0,12	0,17	0,31
K^2O	0,17	0,08	0,09	0,23
Na^2O	1,25	0,40	0,68	1,10
P^2O^5 dit « assimilable »	0,02			
Oxyde de fer libre en Fe^2O^3 pour 1.000	0,65	0,80	3,55	4,20
Chlorures en ClNa pour 1.000	5,20	1,02	1,83	11,99

PROFIL N° 109P

Fiche descriptive:

Genre de sol	Salin.
Nom vernaculaire	Tanne.
Lieu	A 1 km. au Nord de Fayl, Sud-Ouest de Fatick.
Date de prélèvement	8 avril 1948.
Orographie	Plaine basse.
Hydrographie	Pas d'eau superficielle en saison sèche, submergé temporairement en saison des pluies.
Régime pluviométrique	Chute annuelle: 785 mm. 3 à Fatick, de juin à octobre, avec 52 jours de pluie.
Végétation spontanée .	Peuplement de *Borreria verticillata*.
Origine géologique . . .	Sels et sable d'origine marine; apports éoliens ou fluviatiles de sable et d'eléments fins en surface.
Evolution pédologique . . .	Formation actuelle d'humus par décomposition des plantes qui ont colonisé récemment le terrain partiellement dessalé; sous-sol sableux évolué.
Caractères agrologiques actuels .	Terre arable sablo-argileuse, sur sous-sol fortement sableux et perméable. Structure colloïdale defectueuse, en raison de la teneur encore excessive en ion Na.
Vocation et valeur culturales .	Terrain en voie de dessalement, relativement peu fertile.
Régime cultural	Rizière indigène en 1947; était inculte avant les travaux de dessalement des tannes

BULLETIN D'ANALYSE:

Horizons	A1	A1	C	B
Caractères des horizons:				
Profondeur et puissance.	0 à 20 cm.	20 à 40 cm	40 à 60 cm.	60 cm. à 1 m.
Couleur	gris brun	brun rougeâtre	sable blanc	sable jaune à oxyde ferrique
Anayse mécanique et physique:				
Terre fine pour 100 . . .	100	100	100	100
Composition centésimale de la terre fine desséchée à 105°:				
Sable grossier . . .	25,5	24,3	36,0	27,5
Sable fin . .	58,4	49,4	62,4	66,4
Limon	4,0	4,1	1,1	0,9
Argile	10,4	20,5	0,4	4,6
Carbonates	0	0	0	0
Matières organiques totales	1,7	1,7	0,1	0,6
REACTION: PH	6,3	6,0	6,5	6,3
Analyse chimique:				
Bases échangeables en oxydes pour 1.000 grammes de terre fine:				
CaO	0,48	0,55	0,12	0,22
MgO	0,22	0,26	0,06	0,13
K^2O	0,18	0,23	0,11	0,13
Na^2O	0,56	0,45	0,09	0,61
Oxyde de fer libre en Fe^2O^3 pour 1.000.	8,23	9,20	traces	1,45
Chlorures en ClNa pour 1.000	0,87	0,37	0,14	0,80

ex. profil 32P à N'Dangane : il y a illuviation de l'argile, des bases et de l'oxyde ferrique dans un horizon B2 situé de 80 cm. à 1 m. 40.

3. — LA COMPOSITION DES PROFILS SUPERFICIELS « HORIZONTAUX ».

Nous désignons ainsi la succession d'horizons que l'on peut observer à la surface du sol lorsque, en raison des conditions topographiques, le ruissellement entraîne les éléments fins et les bases depuis les dunes ou les plateaux jusqu'au fond des vallées ou des dépressions; les parties hautes correspondent en somme à un horizon éluvial A2, et les parties basses à un horizon illuvial B. La terre « Ban » des Ouolofs n'est autre que cette formation illuviale de dépression et elle correspond dans un profil « horizontal » à l'horizon B d'un profil vertical.

Voici quelques exemples :

— Profil « horizontal » à Santamba, dans le Niombato :

	Argile %
N° 26P — Plateau sableux (Kegné-Kegné)	5,6
N° 30P — A mi-chemin entre le plateau et le fond de la vallée .	7,3
N° 22P — Fond de la vallée (Faro)	9,6

— Autre exemple à Nioro-du-Rip :

	Argile %	Limon %	CaO 0/00	K^2O 0/00
N° 14P — Plateau sableux (Dior)	5,3	2,2	0,22	0,03
N° 13P — Vallée située en amont du Bao-Bolon (Ban)	22,8	11,5	2,29	0,08

— de même à Louga :

	Argile %	Limon %	CaO 0/00	K^2O 0/00
N° 15P — Dune sableuse (Dior) . .	3,1	0,5	0,33	0,10
N° 16P — Dépression (Ban) .	6,9	2,1	0,94	0,11

— enfin à la Station de M'Bambey :

	Argile %	Limon %	CaO 0/00	K^2O 0/00
N° 26s — Plateau sableux (Dior)	3,1	0,8	0,16	0,03
N° 25s — Pente intermédiaire entre le plateau et la dépression (Dek-Dior)	3,9	1,0	0,31	0,07
N° 24s — Dépression (Ban) .	5,3	1,1	0,48	0,04

Cette différenciation superficielle des sols est très fréquente dans les parties occidentale et centrale du Sénégal, qui sont des régions à multiples ondulations de terrain; et l'on rencontre un peu partout la succession :

— Dior sableux;

— Dek-Dior légèrement plus compact;

— « Ban » dans les dépressions, sablo-argileux ou même argilo-sableux.

Elle est encore plus accentuée dans les régions comportant des vallées (ex. vallées humifères des Niayes, et « Faro » des régions méridionales).

Elle se traduit par un départ des éléments fins et des bases des parties hautes, ce qui contribue grandement à les dégrader au même titre que la différenciation verticale due à l'infiltration.

CONCLUSIONS.

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons exposé les nombreuses observations que l'on peut faire sur les sols du Sénégal lorsqu'on va les étudier sur place; c'est ce que nous avons appelé la phase descriptive.

Dans une seconde partie, nous avons montré que les travaux de laboratoire fournissent une documentation non moins importante, relative à la composition de ces sols; c'est la phase analytique.

Il nous reste à confronter ces deux sources de documents en vue d'en tirer une interprétation applicable à la pratique agricole; c'est en somme la phase synthétique, qui nous servira ici de conclusion.

I. — Essai de classification agropédologique des sols du Sénégal.

A. *Groupe des sols zonaux, soumis à l'influence prépondérante du climat :*

— Cas des sols qui sont en voie d'évolution :

a) Classe des sols sableux, contenant moins de 7 p.100 d'argile:
genres « Dieri »
« Dior »
« Dek-Dior »
« Kegné-Kegné »

dont certains présentent des sous-genres ou espèces :

ex. « Dior » rouge
« Dior » blanc
« Dior » gris
« Dior » noir.

b) Classe des sols sablo-argileux, contenant de 7 à 15 p.100 d'argile :

genres « Dek » ou « Dak »
« Ban »
« Bancofing ».

c) Classe des sols argilo-sableux, contenant de 15 à 40 p.100 d'argile :

genre « Fondé »
2 espèces : F. Balléré
F. Ranéré.

— Cas des paléosols complètement évolués :

— classe des sols ferrugineux, dits « latéritiques ».
genre Niargo.

B. *Groupe des sols azonaux, soumis à l'influence prépondérante de la roche-mère :*

a) Classe des sols argileux, contenant plus de 40 p.100 d'argile:
genre « Holaldé »
genre d'origine basaltique.

b) Classe des sols calcaires :
genre « sûf sû nûl » (terre noire).

C. *Groupe des sols intrazonaux, soumis à l'influence de conditions locales spéciales :*

a) Classe des sols humifères :
genres « Niaye »
« Faro ».

b) Classe des sols salins :
genre « tanne ».

Cette classification, peut-être un peu simpliste, a le mérite de présenter un réel intérêt local : elle est à la portée de l'agriculteur sénégalais d'une part, et elle permet d'autre part de passer immédiatement à la notion de vocation culturale.

2. — **Leur vocation culturale.**

Le nombre des cultures possibles et assurant l'obtention de bons rendements est assez limité, pour deux raisons :

— teneur médiocre en éléments fertilisants de la plupart des terres arables;

— insuffisance et surtout irrégularité des pluies dans les régions centrales et septentrionales.

Ces cultures se répartissent de la façon suivante :

— dans les sols sableux :

Arachide
Petit mil (G. *Pennisetum*).

— dans les sols sablo-argileux :
Gros mil (G. *Sorghum)*
Maïs (dans les régions méridionales humides).

— dans les sols argilo-sableux :
Cotonnier (avec irrigation)
Gros mil.

— dans les sols argileux :
Riz (avec irrigation)
Gros mil.

— dans les sols humifères :
Riz
Cultures potagères
Cultures fruitières (sur les versants).

— dans les sols calcaires :
Gros mil.

— les sols salins sont incultivables; les travaux de dessalement en cours permettront de les livrer à la riziculture dans quelques années; ils devront cependant être améliorés par une fumure de fond et par les engrais verts, car ils sont très pauvres.

En somme, la vocation culturale de ce territoire peut se résumer de la façon suivante :

— une culture industrielle, l'arachide, la plus importante;

— des cultures vivrières :
Mils également très importants
Riz
Cultures potagères
Cultures fruitières

qui sont en essor actuellement.

3. — Leur répartition géographique. Nécessité de l'établissement d'une carte agrologique.

A. Les sols argileux azonaux, peu évolués et dont la formation se poursuit encore de nos jours par le jeu de l'alluvionnement, forment une étroite bande périphérique occupant les provinces septentrionales et orientales, dans la vallée du fleuve Sénégal.

Deux taches de terrain azonaux plus évolués, de superficies restreintes, existent dans la partie occidentale du pays, dans la presqu'île du Cap Vert : Ouakam — Sébikhotane.

B. Les sols intrazonaux, soumis à l'influence de certaines conditions locales spéciales, sont répartis dans les régions suivantes:

— les sols humifères, peu évolués : sur la côte Nord-occidentale, entre Dakar et Saint-Louis d'une part (Niayes), et dans les régions méridionales, voisines de la Gambie anglaise d'autre part (galeries forestières — Faro);

— les sols salins, évolués : dans le delta du Sénégal et dans le Sine-Saloum occidental.

C. Les sols zonaux, soumis à une nette évolution climatique, avec tendance à la dégradation, occupant tout le reste du territoire, c'est-à-dire plus de 90 p.100 de la superficie totale (Casamance exceptée).

a) Les sols sableux, de beaucoup les plus répandus, existent partout; ils recouvrent presque entièrement en particulier les provinces suivantes :

Cayor — Baol — Sine — Rip — Sine-Saloum oriental — régions septentrionales du cercle de Tambacounda.

Ils occupent également de grandes superficies dans le Djoloff, le cercle de Thiès et celui de Tambacounda (parties Ouest et Sud).

b) Les sols sablo-argileux sont disséminés, un peu partout parmi les sols sableux, mais occupent des espaces relativement restreints.

c) Les sols argilo-sableux existent surtout dans la vallée du Sénégal, côtoyant les terrains argileux.

d) Les sols ferrugineux affleurent fréquemment dans la moitié orientale du pays.

La structure agropédologique du pays peut donc se résumer très simplement de la façon suivante : une ceinture de terrains jeunes, peu évolués, présentant un état d'équilibre assez stable, situés presque exclusivement dans des vallées où l'alluvionnement est possible, entoure complètement le territoire du Sénégal, au Nord, à l'Est, au Sud et à l'Ouest. Toute la partie centrale formée surtout de plateaux et dépourvue de réseau hydrographique cohérent, est occupée par des terrains soumis à une évolution climatique nettement dégradante.

Ce sont là des notions encore trop générales pour que l'on puisse les concrétiser par l'établissement d'une carte; les quelques relevés précis que nous avons pu effectuer (feuilles Louga — M'Bambey — Kaffrine, etc.) ne représentent qu'une infime superficie de l'ensemble du territoire et sont trop restreints pour pouvoir être publiés; et cependant la nécessité de l'établissement d'une carte agrologique détaillée et précise se fait de plus en plus évidente, en raison des problèmes d'actualité suivants :

— programme d'extension des cultures d'une part :

Arachide — Riz — Cultures potagères et fruitières, récupération des terrains salés;

— programme de régénération des sols dégradés d'autre part.

4. — **Leur composition actuelle. — Notion de fertilité.**

A. Les sols riches en éléments fertilisants sont peu nombreux; ce sont eux qui sont bien pourvus :

— en éléments colloïdaux d'une part :

— Fondé et Holaldé de la vallée alluvionnaire du Sénégal présentant une teneur élevée en argile et enrichis par les apports annuels de limon;
— Certaines terres Ban de dépressions, enrichies également par apport d'argile et de bases échangeables par le ruissellement;

— en constituant organique d'autre part :

— sols humifères (Niayes et Faro) dans lesquels la décomposition des débris végétaux fournit non seulement de l'humus et des composés azotés assimilables (sels ammoniacaux et nitrates), mais aussi des éléments minéraux (K^2O — CaO — MgO).

B. Tous les autres terrains qui sont des sols minéraux (moins de 2 p.100 de matière organique), à faible pouvoir absorbant (moins de 7 p.100 d'argile dans les sols sableux), seraient classés dans une échelle générale de fertilité des sols du globe, dans les catégories de fertilité médiocre.

Nous ne rappellerons qu'un exemple, celui des sols sableux, qui sont de beaucoup les plus répandus :

Composition moyenne des sols sableux du Sénégal :

a) Analyse mécanique et physique :

Sables totaux	90 à 98 p.100
Limon	0,5 à 1 p.100
Argile	1 à 7 p.100
Carbonates	0
Matière organique totale	0,3 à 2 p.100
dont humus	0,1 à 1 p.100

b) Réaction : pH de 6,2 à 7,1.

c) Analyse chimique :

Bases échangeables :

Cao	0,3 à 0,8 p.1000
Mgo	0,1 à 0,3 p.1000
K^2O	0,02 à 0,2 p.1000
P^2O^5 dit « assimilable »	0,01 à 0,05 p.1000
Azote total	0,3 à 0,8 p.1000

Si l'on se refère aux échelles de fertilité adoptées en pays tempéré ou même dans certains pays tropicaux (Indo-Chine — Indes néerlandaises), ces sols sableux du Sénégal devraient se classer parmi les plus pauvres.

Et cependant, ils se révèlent fertiles pour l'arachide; il n'est certes pas douteux qu'une fumure chimique convenablement équilibrée augmenterait les rendements; mais il n'en reste pas moins qu'ils présentent un degré de fertilité que les méthodes d'analyse classiques

ne peuvent pas mettre en évidence. Il y a là sujet à tout un ensemble de recherches du plus haut intérêt sur les points suivants :

— réserves « actives » du sol en éléments fertilisants;
— pouvoir solubilisant des solutions du sol et des racines en pays tropical;
— pouvoir assimilateur des plantes cultivées;
— exigences nutritives de ces plantes.

Ces recherches ont d'ailleurs été entreprises au laboratoire de chimie de M'Bambey pour l'arachide.

5. — **Le sens de leur évolution.**

Si l'on excepte les quelques terrains argileux et humifères qui présentent encore un état d'équilibre stable, on peut dire que les sols du Sénégal évoluent dans un sens défavorable, avec dégradation très nette des terres arables.

Cette dégradation est la résultante complexe de l'action concommittante de nombreux facteurs destructeurs :

A. — FACTEURS NATURELS.

a) d'ordre géographique :

— ancien relief dunaire responsable du lessivage des terrains hauts;

b) d'ordre climatique :

— température tropicale qui accélère la destruction du constituant organique;
— infiltration des eaux, qui entraîne les éléments colloïdaux et chimiques vers le sous-sol dans un horizon d'accumulation;
— ruissellement qui entraîne ces mêmes éléments vers les dépressions;
— érosion éolienne qui arrache au sol ses éléments fins colloïdaux.

c) d'ordre géologique :

— prédominance du sable siliceux qui favorise l'infiltration tout en annihilant la remontée capillaire.

B. — FACTEURS QUI SONT LE FAIT DE L'INTERVENTION HUMAINE.

— déboisement qui accélère l'érosion sous toutes ses formes;
— méthodes culturales défectueuses qui épuisent le sol.

On conçoit facilement les ravages qui peuvent résulter d'un tel concours d'éléments destructeurs; les sols dégradés des provinces nord-occidentales du Sénégal en fournissent un excellent exemple.

6. — Les méthodes de conservation des sols encore peu atteints. Les possibilités de régénération des sols dégradés

La multiplicité des éléments destructeurs implique nécessairement une intervention multiforme :

A. Action sur les facteurs naturels dans le but de freiner ou même d'annihiler leur rôle néfaste :

a) reboisement qui ralentit l'érosion sous toutes ses formes et régénère le constituant organique :

— mise en défens;

— reboisement artificiel;

— brise-vent;

— etc.

b) couverture des terrains de culture au cours de la saison sèche avec des plantes de couverture appropriées, dans le but de freiner l'érosion éolienne.

B. Amélioration de la composition chimique des sols, en vue de fixer leur complexe absorbant et de régénérer leur potentiel de productivité :

a) emploi du fumier;

b) chaulage;

c) phosphatage;

d) éventuellement fumure complète;

e) régénération biologique des sols fatigués par emploi de graines d'arachides inoculées de *B. radicicola*.

C. Intervention auprès du cultivateur, en vue de parfaire son éducation agricole et d'améliorer ses méthodes culturales :

a) vulgarisation de l'assolement;

b) observation stricte de la jachère;

c) démonstration de l'action bienfaisante des engrais verts;

d) extension des prairies en vue de l'obtention de fumier;

e) conditions optima de préparation et de travail du sol;

f) mise en repos pour plusieurs années des régions les plus épuisées.

Ce sont là des méthodes bien classiques de conservation et d'amélioration des sols; il n'est cependant pas inutile de les rappeler, car il faut bien reconnaître que jusqu'à ce jour on les a, pour des raisons diverses, un peu trop ignorées ou négligées. Il semble que, devant l'évolution de l'agriculture sénégalaise, il ne sera plus possible désormais de les éluder.

Deux grandes tâches s'offrent à l'initiative des techniciens et des éducateurs :

— une œuvre de régénération et de création dans les régions déshéritées du Cayor; nous avons suggéré à ce sujet tout l'intérêt que présenterait la transformation du Centre Expérimental de Louga, dont l'utilité devient contestable en raison de la baisse des rendements agricoles dans ces provinces et en raison du départ prochain du Collège d'Agriculture, en station d'essais de Régénération des sols dont le programme d'études serait très vaste;

— une œuvre de protection et de conservation dans les régions qui ne sont pas encore dégradées; c'est une tâche d'éducateur, qui exige une grande faculté de persuasion et surtout beaucoup de foi et de persévérance. C'est peut-être une œuvre ingrate, mais elle est rendue nécessaire par la portée considérable qu'elle peut avoir dans les domaines économique, social et scientifique.

M'Bambey, août 1948

Ouvrages et mémoires consultés

1. AUBERT (G.). — *Les sols de la France d'Outre-Mer.* Imprimerie Nationale. 1941.
2. AUBERT (G), DUBOIS (J) et MAIGNIEN (R.). — *Les sols à arachide du Sénégal.*
3. BESAIRIE (H.). — *Notes de Pédologie tropicale.* Dakar (Service Géologique).
4. BOUFFIL (F.) — *Biologie, écologie et sélection de l'arachide au Sénégal.* Thèse. Section Technique d'Agriculture. Nogent-sur-Marne. 1947.
5. BOUYER (S.). — *Rapports 1940, 1941, 1942 du laboratoire de chimie du Secteur Soudanais de Recherches Agronomiques et divers rapports de tournées dans le Sine-Saloum oriental, le Cercle de Tambacounda, à Richard Toll, etc.*
6. CHEVALIER (A.). — *Monographie de l'Arachide.* « Revue de Botanique appliquée ». 1933 - 1934 - 1935 - 1936.
7. CHEVALIER (A.). — *Amélioration et extension de la culture des arachides au Sénégal.* R.B.A. Mai-juin 1947.
8. COLENO (P.). — *Rapport technique 1939 de la Station Agronomique de Diorbivol.*
9. DELOLME (A.) — *Note sur les terrains de la vallée du fleuve Sénégal* (inédit).
10. DEMOLON (A.). — *Dynamique du sol.* Quatrième édition. Dunod, 1948.
11. ERHART (E.). — *Traité de Pédologie* Strasbourg. 1935.
12. HARROY (J. P.). — *Afrique, terre qui meurt.* Bruxelles. 1944
13. HENRY (Y.). — *Irrigations et cultures irriguées en Afrique tropicale.* Larose. 1918.
14. HUBERT (H). — *Eaux superficielles et souterraines au Sénégal.* Librairie Larose. 1921.
15. HUBERT (H.). — *Etude des altérations superficielles.* Bureau d'études géologiques et minières coloniales. Paris. 1939.
16. LAVEDA. — *Terres des régions mandingues* (Note inédite).
17. LAVOLLAY (J.). — *Les constituants colloïdaux des terres arables. Le complexe argilo-humique et les phénomènes d'échanges d'ions.* « Actualités Scientifiques et Industrielles ». Herman et Cie. Paris, 1943.

18. LAVOLLAY (J.). — *Le magnésium dans les terres arables.* « Actualités Scientifiques et Industrielles ». Herman et Cie. Paris, 1936.

19. LEGOUX (P.). — *Esquisse géologique de l'Afrique Occidentale Française.* « Bulletin n° 4 du Service des Mines de l'A. O. F. ». Dakar, 1939.

20. MARTINE. — *Rapport technique 1947 de la Subdivision d'Agriculture de la M. A. S.* (Richard-Toll).

21. MASSIBOT (J. A.) et CARLES (L.). — *Mise en valeur des « tannes » rizicultivables du Sine (Sénégal).* « Agronomie tropicale ». 1946.

22. SAGOT (R.). — *Etude sur la Régénération des sols et sur l'influence des engrais et des amendements calcaires sur le mil et l'arachide.* Larose, 1946.

23. SAGOT (R.) et BOUFFIL (F.). — *Rapports techniques 1932 à 1945 de la Station Expérimentale de M'Bambey.*

24. TROCHAIN (J.). — *Contribution à l'étude de la végétation du Senegal.* Librairie Larose. Paris, 1940.

25. URBAIN (P.). — *Introduction à l'étude pétrographique et géochimique des roches argileuses.* « Actualités Scientifiques et Industrielles ». Herman et Cie. Paris, 1937.

26. WELTER (L.). — *Memento du Service Météorologique de l'A.O F* Grande Imprimerie Africaine. Dakar, 1942.

27. CAILLEUX (A.). — *Les actions éoliennes périglaciaires au quaternaire en Europe.* Société Géologique de France. Paris, 1942.

PROCES-VERBAUX DES SEANCES DE LA PREMIERE SECTION

ETUDE GENERALE ET REGIONALE DES SOLS

1re Séance

Le 8 novembre 1948, à 14 h. 30.

LE PRÉSIDENT propose de grouper les communications par catégories et de les reprendre dans une discussion générale. Il invite l'assemblée à examiner d'abord les rapports qui traitent de prospection et de cartographie des sols.

PROCEEDINGS OF THE SESSIONS OF THE FIRST SECTION

GENERAL AND REGIONAL STUDY OF SOILS

1st Sitting

November the 8th, 1948 at 14:30 hrs.

THE CHAIRMAN suggests to group the communications by categories and to take them up again in a general discussion.

He invites the assembly to examine first the communications dealing with soil prospection and mapping.

Communication n° 130 : G. H. GETHIN-JONES

Communication n° 134 : R. L. PENDLETON

Communication n° 41 : C F. CHARTER

présentées par les auteurs et discutées dans leur ensemble.

M PENDLETON souligne l'intérêt de prospecter et de cartographier les sols africains sans se préoccuper de les intégrer dans un système de classification préalable. A son avis, l'étude des faits observés sur le terrain prime toute théorie préexistante; la plupart des délégués partagent cette manière de voir.

MM. FRIPIAT et FOCAN signalent que les travaux de l'I.N.E.A.C. sont engagés dans cette voie. Ils souhaitent qu'une nouvelle nomenclature à tous les points de vue (couleur, granulométrie, etc...) soit établie pour l'Afrique.

M. CHARTER manifeste son accord au sujet de la communication de M. PENDLETON et développe un système de prospection rapide qu'il est en train de mettre au point

M. GRIFFITH souligne l'importance de la photogrammétrie pour l'établissement des cartes préliminaires aux travaux pédologiques. Il émet le vœu que les Gouvernements respectifs accordent les crédits nécessaires à cet effet.

LE PRÉSIDENT signale que des travaux de photogrammétrie sont déjà entrepris en Afrique Orientale.

M. TROCHAIN ramène la discussion sur la question de nomenclature et soulève celle de la standardisation des méthodes d'analyse.

introduced by the authors and discussed jointly.

Mr PENDLETON is of the opinion to prospect and to map African soils without consideration of preestablished systems of classification. The facts observed on the field have precedence over any established theory. Most of the delegates subscribe to this opinion.

Messrs FRIPIAT and FOCAN point out that the work pursued by the I.N.E.A.C. is in that line. They recommend that a wholly new nomenclature be drawn up for Africa (colour, granulometry, etc.).

Mr CHARTER agrees to Mr PENDLETON's views and gives an insight on a rapid prospection technique he is evolving.

Mr GRIFFITH calls attention to the importance of a Photogrammetric Survey as a preliminary mapping to pedological work and hopes that the respective Governments grant the necessary funds to this effect.

THE CHAIRMAN informs that a Photogrammetric survey is being carried out in East Africa.

Mr TROCHAIN brings the discussion back on the subject of nomenclature and raises the question of the standardization of analytical techniques.

M. FOCAN partage les vues de M. TROCHAIN ainsi que celles de M. GRIFFITH et signale qu'il a introduit une note à ce sujet.

M. CHARTER fait remarquer que dans la partie sud de la Côte de l'Or, la photogrammétrie ne permet pas une cartographie des sols, à cause du couvert végétal (forêt ou brousse). Toutefois, une carte a été commencée et M. CHARTER reconnait que les méthodes en question ont donné de bons résultats en Amérique Centrale et ailleurs.

M. FOCAN admet que la photogrammétrie est un travail préliminaire qui précède les prospections pédologiques sur le terrain.

LE PRÉSIDENT résume ainsi la discussion :

1° Que demande-t-on à une prospection pédologique ? Faut-il l'envisager au point de vue pédologique pur ou au point de vue écologique ?

2° La prospection peut se faire de deux façons, soit par l'étude détaillée d'une région typique et l'utilisation sur une grande surface des résultats ainsi obtenus, soit par la méthode des percées transversales préconisée par M. CHARTER Personnellement il préfère la première de ces méthodes.

3° Les données actuelles sont encore insuffisantes pour établir un schéma de classification des sols africains.

4° Il souhaite l'établissement d'une Commission centralisant les résultats obtenus dans les divers pays représentés à la Conférence.

Mr FOCAN approves both Mr TROCHAIN's and Mr GRIFFITH's suggestions and informs that he has written a paper on the matter.

Mr CHARTER remarks that in the southern part of the Gold Coast mapping of soils is not achievable by Photogrammetric survey because of the forest-mantle. However, the confection of a map has been started upon. He agrees that this method has given good results in Central America and elsewhere.

Mr FOCAN agrees that Photogrammetric surveys are only preliminaries to pedological surveys on the ground.

THE CHAIRMAN sums up the discussion :

1° What is asked of a pedological prospection ? Must it be taken as a purely pedological problem or an ecological one ?

2° He commends either to proceed first to a detailed study on a restricted area and with the experience gained to apply the method on a larger scale or to use Mr CHARTER's method of traverses. Personally, he is in favor of the first method

3° The paucity of the data secured as yet precludes that the classification of tropical soils be drawn up for the time being

4° He would recommend the instatement of a Commission centralizing the data obtained to date in the countries here represented.

Communication n° 43 : J. W. DU PREEZ

présentée par M. RAYBURN.

Cette communication concerne les latérites. LE PRÉSIDENT propose d'en faire traduire le résumé et de remettre la discussion à une date ultérieure.

Toutefois, à la suite d'une intervention de M. PENDLETON, qui signale la confusion résultant de descriptions inadéquates, M. CHARTER propose de rayer le mot latérite du vocabulaire pédologique.

introduced by M. RAYBURN.

This communication concerns laterites. THE CHAIRMAN suggests that the summary of this note be translated and to defer the discussion till later.

However, in sequel to one of Mr PENDLETON's interventions, which called attention to the confusion resulting from inadequate descriptions, Mr CHARTER suggests that the word « laterite » be deleted from the pedological vocabulary.

Communication n° 143 : J. L. D'HOORE

présentée par l'auteur.

La section retenant l'intérêt de cette communication, il est entendu qu'un large résumé en sera traduit en an-

introduced by the author.

The section considering the importance of this communication, a fuller summary will be translated into

glais. La discussion de la communication est ainsi reportée à une date ultérieure

english. The discussion is thus carried back till later.

Communication n° 34 : R. Bétrémieux
Communication n° 78 : L. Pereira Coutinho
Communication n° 79 : L Pereira Coutinho

Au sujet de la communication n° 34, M. Trochain émet le vœu qu'une entente intervienne entre les laboratoires des divers pays africains afin d'établir la valeur respective de diverses méthodes d'analyse.

Le Président signale qu'il existe déjà dans l'Est Africain un comité pour l'étude des méthodes d'analyse

Subsequently to communication n°34, Mr Trochain recommends that an agreement be arrived at between African laboratories in view of establishing the relative value of the different methods of analyses.

The Chairman informs that a Committee set up to this purpose is already functioning in East Africa.

2e Séance

Le 11 novembre 1948, à 8 h. 15.

2nd Sitting

November the 11th 1948, at 8:15 hrs.

Communication n° 38 :

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE COLONIALE (France)

M. Charter ramène la discussion soulevée à la première réunion, en demandant ce que les Belges et les Français entendent par *prospections générales.*
Il s'ensuit une discussion générale à laquelle prennent part MM. Focan, Charter, Ellis, Trochain.

M. Focan souligne la différence entre une exploration qui se fait le long des routes, et une reconnaissance et un travail de détail qui se font au moyen de percées. Il fait remarquer qu'une prospection pédologique détaillée est toujours accompagnée de prospections botaniques.

M. Trochain marque son accord à ce sujet, et souligne qu'à part de légères différences le système français est analogue.

Mr Charter brings up again a point discussed at the first meeting, by asking what the Belgians and the French understand by *General prospections.*
An exchange of views ensues to which Messrs Focan, Charter, Ellis, Trochain partake.

Mr Focan points out the difference between a prospection made along roads, a reconnaissance, and a detailed work based on traverse lines. He says that detailed pedological prospections are always accompanied by botanical prospections.

Mr Trochain agrees that the French system is the same but for minor details.

Communication n° 27 : H. Jacques-Félix et R Bétrémieux

présentée par M. Trochain.

M. Trochain termine son exposé par une information supplémentaire concernant le *mouki.*

Le Président ajoute que le *mouki* est également pratiqué en Ethiopie.

M. Fripiat constate, à propos du blocage des valences par l'hydroxyde de fer, qu'il y a une distinction à établir: en effet, une partie du fer libre peut être liée à des radicaux organiques.

Le Président note que ce genre de travail « étude des sols de même ori-

introduced by Mr Trochain.

Mr Trochain ends up by giving supplementary information concerning the practice of the *mouki.*

The Chairman adds that he observed that the *mouki* is also practiced in Ethiopia.

Mr Fripiat makes some remarks about the blocking of the valence with Fe_2O_3; it should be noted that one part of the free iron might be bound to organic radicals.

The Chairman notes that such researches as « Studies of soils of same

gine mais différents par action anthropique », est très important, mais très difficile à étudier

origin but varying through human contingencies » are very important but meet with many difficulties.

Communication n° 29 : R. Bétrémieux

présentée par M. Trochain.

introduced by Mr Trochain.

M. Tochain signale l'usage erroné du mot *steppe* pour les conditions africaines.

Mr Trochain calls attention to the wrong usage of the word *steppe* for African conditions.

Suite aux interventions de MM. Gethin-Jones et Trochain, M. Focan demande si le moment n'est pas venu de créer une commission interafricaine pour établir une terminologie pédologique exacte.

In consequence to Mr Gethin-Jones' and Mr Trochain's interventions, Mr Focan queries whether it would not be opportune to consider the setting up of an Interafrican Commission to the purpose of establishing an accurate pedological terminology.

Le Président marque l'intérêt de cette proposition, qui, d'ailleurs, constitue un des quatre points qu'il a exposés à la séance précédente et au sujet de laquelle il conviendrait de conclure; il propose de continuer la présentation des communications et de finir par une discussion générale à ce sujet.

The Chairman emphasizes the interest of this proposal which, besides, is one of the four points he expounded at the first meeting and about which conclusions should be arrived at. He proposes to resume the presentation of communications and to end the meeting with a general discussion on this important question.

Communication n° 114 : J. L Burnotte — J. Lozet

Communication n° 121 : J L. Burnotte — J. Lozet

présentées par les auteurs.

introduced by the authors.

Ces deux communications concernent les sols de la vallée de la Ruzizi.

Both communications pertaining to Ruzizi valley soils.

M. Van Straelen fait ressortir quelques caractéristiques paléoclimatiques et géologiques des régions du Graben africain. La basse vallée de la Ruzizi n'est pas seulement constituée d'alluvions fluviatiles, mais de dépôts lacustres renfermant des intercalations salifères. Les lacs au sud du lac Albert ont un caractère endorheïque malgré l'existence d'émissions. Il en résulte que la concentration en sels de ces lacs est continuellement croissante.

Mr Van Straelen emphasizes some paleo-climatic and geological peculiarities of the African rift regions. He stresses the fact that the lower Ruzizi valley has not river but lake disposits with saline intrusions.

The lakes south of Lake Albert have an endorhéic character; meaning that the saline concentrations of the lakes is increasing with time although they are provided with outlets.

Communication n 125 : B. S. Ellis

présentée par l'auteur.

introduced by the author.

M. Bothelo da Costa a rencontré aussi des sols du type Mopani en Angola; il y a remarqué parfois des formations calcaires.

Mr Bothelo da Costa has met with Mopani type soils in Angola; sometimes noticing calcareous concretions in them.

M. Ellis en a rencontré également : elles sont dues à la présence de couches imperméables.

Mr Ellis has also met with them and he explains their formation by the presence of impervious layers.

M. Gethin-Jones fait remarquer que la relation sol-végétation est très bien marquée en Afrique.

Mr Gethin-Jones points out that the relation between soil and vegetation is very evident in Africa.

M. Germain, par contre, donne des exemples où les mêmes associations climatiques recouvrent des sols entièrement différents.

Mr Germain, on the other hand, gives examples of uniform climatic associations covering soils entirely different.

Communication n° 153 : I. Denisoff — R. Devred

présentée par M. Croegaert.

M. Pendleton signale l'état déplorable dans lequel se trouve la région en question, et reconnaît le travail remarquable accompli malgré les conditions défavorables.

introduced by Mr Croegaert.

Mr Pendleton calls attention to the deplorable state of this region and acknowledges the remarkable work accomplished in spite of unfavourable conditions.

Communication n° 123 : B. S. Ellis

présentée par l'auteur.

L'exposé de M. Ellis est suivi d'une discussion générale sur la classification des sols.

M. Pendleton appuie la thèse du Dr Ellis et fait remarquer qu'il faudrait des précisions supplémentaires, telles que altitude, régime des pluies et extrêmes des températures.

M. Focan pense que sur le terrain on ne peut s'encombrer de ces détails.

M. Gethin-Jones craint qu'on n'attache trop d'importance à la géologie.

M. Bernard propose de tenir également compte du régime de la puissance évaporante de l'atmosphère.

A ce sujet, il compare la vallée de la Ruzizi au Mayumbe.

M. Charter signale l'utilité d'employer des noms de localités pour indiquer les types de sols.

M. Focan demande à la Délégation britannique des précisions sur le sens du terme *série* usité dans les classifications.

M. Charter renvoie à la définition de Robinson.

M. Van Straelen craint que le système proposé par M. Ellis ne cache, sous l'apparence de grandes précisions, de grandes imperfections. Il appuie son intervention d'une argumentation géologique et paléoclimatique.

Le Président dégage deux propositions de la discussion :

1° Formation d'un comité de corrélation pour les sols d'Afrique (proposition de M. Focan);

2° Il faudrait arriver à s'entendre sur la spécification des catégories inférieures de sols.

Suite à une demande de M. Focan, toujours concernant le nom *série*, M. Bothelo da Costa demande à M. Pendleton si ce terme n'a pas, aux E.U.A. un sens plutôt agrologique que pédologique.

introduced by the author.

The reading of Mr Ellis' paper is followed by a general discussion on soil classification.

Mr Pendleton agrees with Mr Ellis but adds that some more detailed informations should be added about latitude, the nature of the rainfall and the range of temperatures.

Mr Focan thinks that, as far as field work is concerned, one should not take those details into account.

Mr Gethin-Jones fears that too much importance might be attached to geology.

Mr Bernard proposes to study not only rainfall and temperature but also the evaporation potential of the atmosphere. In connection with this, he compares the Ruzizi valley and the Mayumbe.

Mr Charter stresses the usefulness of place names for soil type denominations

Mr Focan asks the British Delegation to define the expression *soil series* as used by them.

Mr Charter answers that their definition was that adopted by Robinson.

Mr Van Straelen fears that the system proposed by Mr Ellis, although accurate in appearance, is not effectively so. His argumentation is supported by paleoclimatic and geological considerations.

The Chairman concludes the discussions by two proposals :

1° Establishment of a Committee on the correlation of African soils (as suggested by Mr Focan);

2° Agreement should be arrived at on the specification of the lower categories of soils.

Following upon a question put by Mr Focan about the expression *soil series*, Mr Bothelo da Costa asks Mr Pendleton whether in the U.S.A. it has not an agrological rather than a pedologic meaning.

M. PENDLETON signale que le terme *série* ne marque qu'une légère différence de profil, mais a tout de même une base scientifique.

La séance est levée à 11 h. 10.

Mr PENDLETON replies that although it indicates only slight differences of profile it has a scientific basis.

The meeting is adjourned at 11:10 hrs.

3e Séance

Le 11 novembre 1948, à 14 h. 30.

3th Sitting

November the 11th 1948, at 14:30 hrs.

Communication n° 63 : R. MAIGNIEN

présentée par M. TROCHAIN.

M. FRIPIAT marque son accord. Il a constaté à Yangambi qu'en présence de matières organiques plus abondantes, la capacité de rétention d'eau augmente, tandis que la force de rétention diminue.

M. BERNARD, au sujet de la fixation de vapeur d'eau par la matière organique, demande si des mesures ont été effectuées.

M. TROCHAIN répond négativement.

LE PRÉSIDENT voudrait savoir si une augmentation d'adsorption correspond à une augmentation de la quantité d'eau disponible pour la plante.

M. FRIPIAT répond par l'affirmative.

introduced by Mr TROCHAIN.

Mr FRIPIAT agrees. He found out in Yangambi, that in presence of more abundant organic matter, the retention capacity of water increases, whereas the force of retention decreases.

Mr BERNARD inquires, concerning the fixation of water vapor by the organic matter, whether measurements have been made.

Mr TROCHAIN replies negatively.

THE CHAIRMAN wishes to know if an increase of adsorption corresponds to an increase of the quantity of water that can be taken up by plants.

Mr FRIPIAT replies affirmatively.

Communication n° 75 : J. V. BOTELHO DA COSTA

présentée par l'auteur.

Une discussion a lieu au sujet du terme *latérite*.

M. FOCAN demande que l'on précise les termes *groupe, latérite, latéritique* et *concrétionnement*.

M. VAN STRAELEN est d'avis que dans le sens de Buchanan, la latérisation se rattache plutôt à un phénomène d'altération de roches éruptives qu'à une mobilisation d'hydroxyde de métaux trivalents.

M. GETHIN-JONES fait remarquer que les descriptions faites dans la communication de M. BOTELHO DA COSTA lui permettent d'identifier les mêmes sols au Kenya.

introduced by the author.

A discussion arises on the word *laterite*.

Mr FOCAN requests that the words *group, laterite, lateritic* and *concretion* be given a clear definition.

Mr VAN STRAELEN thinks that in Buchanan's mind, laterisation is bound more to a phenomenon of alteration of eruptive rocks than to a hydroxyde mobilisation of trivalent metals.

Mr GETHIN-JONES points out that the description given in Mr BOTELHO DA COSTA's communication enables him to identify the same soils in Kenya.

Communication n° 77 : J. M. BASTOS DE MACEDO

présentée par M. BOTELHO DA COSTA.

A la conclusion de son exposé, M. BOTELHO DA COSTA. demande l'avis des spécialistes de l'I.N.E.A.C.

MM. D'HOORE et FRIPIAT répondent que les méthodes employées se révèlent intéressantes et que certains résultats

introduced by Mr BOTELHO DA COSTA.

On concluding the reading, Mr BOTELHO DA COSTA requests the opinion of the I.N.E.A.C. specialists.

Messrs D'HOORE and FRIPIAT answer that the methods used appear interesting and that certain results analogous

analogues à ceux présentés par la communication n° 77 furent constatés à Yangambi.

to those given in communication n° 77 were obtained in Yangambi.

Communication n° 80 : L. Pereira Coutinho

présentée par M. Botelho da Costa.

introduced by Mr Botelho da Costa.

Communication n° 91 : F. Corin — A. Egoroff — J. Huge — G. Waegemans

présentée par M. Huge.

introduced by Mr Huge.

Communication n° 104 : R. Chaminade

présentée par M Letouzey.

introduced by Mr Letouzey.

Ces communications ne suscitent aucune discussion.

No comments are made on these communications.

* * *

DISCUSSION DES « RECOMMANDATIONS »

Le Président entame les discussions sur les recommandations. Il fait ressortir que :

1° Actuellement, les données sont insuffisantes pour établir des groupes de sols africains;

2° Les échanges de renseignements avec les chercheurs en Afrique sont indispensables pour établir les catégories inférieures de sol. Il propose de former un comité de corrélation des sols pour l'Afrique et l'établissement d'une commission pour étudier ce sujet.

Les problèmes se posent quant aux modalités de fonctionnement et au siège de cet organisme.

M. Fripiat, au nom de la Division de pédologie de l'I.N.E.A.C., introduit un projet de recommandation dont les points essentiels sont :

1° La création d'un bureau central pour les méthodes analytiques utilisables dans les pays africains.

2° Ce bureau serait chargé d'un service d'échange d'échantillons.

3° Il serait également chargé d'établir le contact avec les principaux centres pédologiques des autres régions tropicales.

M. Lebrun pense que la question préliminaire à traiter est la mise au point des méthodes d'analyse.

M. Focan relève l'importance de la prospection proprement dite.

Le Président répond que l'analyse doit parfois précéder la prospection.

DISCUSSION OF « RECOMMANDATIONS »

The Chairman opens the discussions on the recommendations, but points out that :

1° Actually the data are insufficient to establish groups of African Soils.

2° Exchanges of information between research workers in Africa are indispensable to establish the inferior soil categories. He proposes to form a Committee on soil correlation for Africa, and the establishment of a Commission to study this subject.

The question arises as to the modalities and the seat of this organization.

Mr Fripiat, as spokeman for the Pedology Division of the I.N.E.A.C. presents a draft recommendation, the essential points of which are :

1° The establishment of a Central Bureau for the collection of informations on the analytical methods applicable to African conditions.

2° This bureau would have the care of a service for the exchange of samples.

It should also maintain contacts with the principal pedological centres in other countries.

Mr Lebrun thinks that the preliminary question to be examined is the improvement of the methods of analyses.

Mr Focan points out the importance of prospection proper.

The Chairman replies that analysis must sometimes precede prospection.

Il cite le cas de l'utilisation d'engrais phosphatés en Afrique orientale.

M. Trochain fait remarquer qu'on oublie l'analyse biologique.

Le Président marque son accord sur le deuxième point de la motion.

M. Clay signale que lors d'une conférence à Londres, il fit instaurer un comité analogue pour la question phytosanitaire. Dans le cas présent, il envisage un comité en Afrique orientale, un comité en Afrique du Sud et un autre en Afrique occidentale dont l'I. N. E. A. C. pourrait éventuellement s'occuper. Ces trois comités dépendraient d'un comité central.

M. Van Garderen estime que le comité central devrait siéger en Afrique.

M. Clay n'est pas de cet avis, étant donné que la plupart des organismes africains dépendent directement de l'Europe.

M. da Costa s'associe à cette proposition.

M. Focan remarque que tout le travail doit néanmoins se faire en Afrique; M. Trochain ajoute que le travail bilologique ne peut se faire que sur place.

Le Président fait observer qu'un comité en Europe ne gêne aucunement le travail sur place. Au contraire, son rôle n'est que de faciliter ce travail.

M. Trochain demande qu'aucune décision ne soit prise en l'absence du chef de la délégation française.

M. Gethin-Jones estime que pour la realisation de ce projet, il faudra un personnel technique important qui ne peut être fourni que par la métropole.

Le Président suggère que chaque pays représenté désigne un délégué.

La séance est levée à 16 h. 15.

He mentions the case of the utilization of phosphate fertilizers in East Africa.

Mr Trochain points out that biological analysis was being overlooked.

The Chairman agrees on the second point of the motion.

Mr Clay intervenes to point out that, at a Conference in London, he carried a motion for the constitution of a similar committee to deal with phytosanitary questions. In the present instance, he would favour a committee in East Africa, one in South Africa and one in West Africa which could eventually be entrusted to the I.N.E.A.C. Those three Committees might be dependent of a Central Committee.

Mr Van Garderen thinks that the Central Committee should have its seat in Africa.

Mr Clay does not agree, on the grounds that most African organizations have their headquarters in Europe.

Mr da Costa is of the same opinion.

Mr Focan observes that all the work must nevertheless be done in Africa and Mr Trochain adds that biological work can only be done in Africa.

The Chairman points out that a Committee in Europe would in no way hinder work on the spot. In fact, it could only be of assistance to such work.

Mr Trochain asks that no decision should be arrived at in the absence of the Head of the French Delegation.

Mr Gethin-Jones considers that the realisation of the scheme would call for considerable technical staff, which could only be provided by the home country.

The Chairman suggests that each country represented should nominate a delegate.

The meeting adjourns at 16:15 hrs.

4e Séance

Le 12 novembre 1948, à 8 h.

Le Président avertit les délégués de ce qu'une séance supplémentaire tiendra ses assises à 14 h. 30 pour étudier les motions à présenter.

4th Sitting

November the 12th 1948, at 8 hrs.

The Chairman informs the delegates that a supplementary meeting will convene at 14:30 hrs to discuss on the recommendations.

Communication n° 106 : R. Rosseels

présentée par l'auteur.

M. Rosseels expose une note au sujet de sa communication. Elle donne lieu à une remarque de M. Charter concernant le manque de matériel et de fonds qui entrave régulièrement les travaux pédologiques.

introduced by the author.

Mr Rosseels reads a note on his communication. Mr Charter stresses the fact that lack of equipment and funds have time and again hindered pedological work.

Communication n° 138 : H. Laudelout — J. L. D'Hoore — J. J. Fripiat

Communication n° 145 : J J. Fripiat — J. L. D'Hoore — R. Germain

Communication n° 148 : W. Kuczarow

présentées toutes trois par M. Fripiat.

Des échanges de vues ont lieu entre MM. le Président, Lecomte, Fripiat, Charter, Clay, Focan, Ellis et Trapnell. Cette discussion porte d'abord sur la valeur relative des différentes méthodes permettant de déterminer la structure des sols, et fait ressortir notamment que les indications données ne sont que d'ordre qualitatif. Les expérimentateurs sont mis en garde contre certaines difficultés d'emploi de l'aéromètre de Boyoucos et sur la façon de choisir les objets de l'étude.

Les participants sont amenés à l'interprétation de certains phénomènes constatés après défrichement de la forêt. En général, les résultats des cultures faites la première année après le défrichement sont moins bons que ceux obtenus dans les années suivantes. Diverses interprétations sont données à ce sujet.

all three introduced by M. Fripiat.

Discussions arise between the Chairman, Messrs Lecomte, Fripiat, Charter, Clay, Focan, Ellis and Trapnell. The relative values of the different methods used for the determination of the soil structures are discussed and and it is made clear that the indications given are only of a qualitative nature. Experimentators are warned against certain difficulties involved in the use of Boyoucos' areometer and in the sampling technique.

The assembly is led into the discussion and interpretation of certain phenomena that appear after forest clearance. Generally, the crops grown in the first year after clearance are deficient in comparison to those obtained the following years. Different explanations are offered.

Communication n° 139 : J. J. Fripiat

présentée par l'auteur.

M. Botelho da Costa relève que la méthode employée lui paraît moins précise que la méthode cryoscopique. Il ne veut toutefois pas généraliser.

M. Fripiat pense que dans les cas étudiés (sols de la cuvette centrale, à faible concentration en sels et donc à faible valeur de pression osmotique), la méthode employée présente très peu d'exactitude.

M. Trochain voudrait disposer d'une méthode rapide et suffisamment précise pour les travaux de botanistes en campagne.

La suite de la discussion est reportée à l'après-midi.

introduced by the author.

Mr Botelho da Costa thinks that the method used is less accurate than the cryoscopic method, but he does not want to generalize.

Mr Fripiat answers that in the cases studied by him the cryoscopic method offered but little accuracy. The reason for this is that the soils of central Africa are poor in salts and have a low osmotic pressure value.

Mr Trochain would wish to have a method that — although accurate — could be used by field workers.

The discussion is to be resumed in the afternoon sitting.

Communication n° 144 : A. FOCAN

présentée par l'auteur.

M. DA COSTA souligne le danger de l'emploi de classifications texturales différentes.

M. FOCAN répond que dans le cas des sols tropicaux, où l'on ne rencontre pratiquement pas de limon, la classification internationale a peu de sens.

M. ELLIS pense que la solution de cette question sera donnée par la Commission des sols, dont on envisage la création.

M. TROCHAIN est d'accord à ce sujet.

M. FOCAN fait encore remarquer que sa méthode est une méthode « de campagne ».

M. CHARTER signale qu'à la Côte de l'Or l'analyse physique met en évidence la présence de limon.

LE PRÉSIDENT clôture la discussion en attirant l'attention sur les inconvénients de l'adoption de méthodes ne tenant pas compte des conditions locales, notamment des sols de différentes régions.

introduced by the author.

Mr DA COSTA puts emphasis on the disadvantages resulting from the adoption of different texture classifications.

Mr FOCAN replies that tropical soils being practically loamless, the international classification is .pointless.

Mr ELLIS thinks solution of this question rests with the Commission on soils whose setting up is considered.

Mr TROCHAIN agrees to that.

Mr FOCAN reminds that his method is a « field technique ».

Mr CHARTER notifies that loams do exist in the Gold Coast.

THE CHAIRMAN calls attention to the inconveniences involved in the use of methods that do not consider local problems, in particular the soils of different countries.

Communication n° 150 : H. LAUDELOUT

Communication n° 151 : H. LAUDELOUT — G. GILBERT

présentées toutes deux par M. GILBERT, ne suscitent pas de commentaires.

both introduced by Mr GILBERT; they are not commented upon.

Communication n° 94 : G. G. TRAPNELL — J. D. MARTIN — W. ALLAN

présentée par M. TRAPNELL.

Cette communication est vivement appréciée par l'assemblée.

M. TROCHAIN préconise l'emploi des couleurs de l'arc-en-ciel d'une façon rationnelle.

M. PENDLETON aimerait que le maximum de détails puissent figurer sur les cartes et que chaque type de sol y soit représenté par un symbole caractéristique.

M. BERNARD demande dans quelle mesure la distribution des climats et celle des couches géologiques sont en relation avec les types de sol et de végétation.

D'après M. TRAPNELL, les relations sont irrégulières, du fait que les conditions écologiques ont varié avec le temps.

MM. ELLIS et VAN GARDEREN demandent différentes explications à M. TRAPNELL. Ce dernier signale que les réponses à ces questions se trouvent dans sa note.

introduced by Mr TRAPNELL.

This communication is highly appreciated by the audience.

Mr TROCHAIN suggests to use the colours of the rainbow, in a rational manner.

Mr PENDLETON wishes to see as many details as possible on the map and emphasizes the need for representing each type of soil by a definite symbol.

Mr BERNARD inquires as in to what extent the distributions of climates and of geological layers are in relationship with the types of soils and of vegetation.

Mr TRAPNELL answers that there is no definite relationship; ecological conditions having varied with time.

Messrs ELLIS and VAN GARDEREN question Mr TRAPNELL who states that the answers are to be found in his paper.

Communication n° 137 : A. Focan — W. Mullenders

présentée par M. Focan.

En réponse à une question posée par M. Trapnell, M. Focan signale que des documents botaniques concernant l'étude en question peuvent être consultés.

Le Président lève la séance à 12 h.

introduced by M. Focan.

On a question put by Mr Trapnell, Mr Focan states that details about the botanical observations of the region described are at his disposal.

The meeting is adjourned at 12 hrs.

5e Séance

Le 12 novembre 1948, à 14 h. 30.

M. Pendleton donne un bref aperçu sur une méthode de comparaison de couleur pour l'étude des profils.

***

« Suite à la proposition de MM. Focan et Fripiat, la Délégation française propose qu'un Bureau interafricain de le texte :

« Suite à la proposition de MM. Focan et Fripiat, la Délégation française propose qu'un bureau interafricain de Conservation des Sols confie à l'Inéac la tâche de constituer, à Yangambi, un service chargé de comparer et de mettre au point les méthodes d'analyse des sols utilisables dans les pays tropicaux africains ainsi que la nomenclature de ces sols, en liaison avec les principaux centres pédologiques des autres régions tropicales. »

***

5th Sitting

November the 12th 1948, at 14:30 hrs.

Mr Pendleton gives a brief account of a method for comparing colours that should be useful in the study of profiles.

***

Mr Aubréville, as leader of the French Delegation, introduces a draft recommendation that reads as follows :

« Having regard to Messrs Focan and Fripiat's proposition, the French Delegation suggests that an Inter-African Bureau of Soil Conservation should entrust the I.N.E.A.C. at Yangambi, with the setting up of an organization intended to compare and define methods of soil analyses suitable for the African tropical regions. It should also define the nomenclature of those soils. This task to be achieved in liaison with the principal pedological centers of other tropical regions.»

***

Communication n° 154 : J. Brynaert — L. Toussaint

Communication n° 173 : C. Donis

présentées par M. Donis.

Ces communications ne soulèvent aucun commentaire.

***

introduced by Mr Donis.

These communications are not commented upon.

***

PROJETS DE RECOMMANDATIONS

Le Président entame immédiatement la discussion des projets de recommandations. Il est donné lecture du projet de recommandations de MM. Focan et Fripiat :

« Etant donné la nécessité qui ressort clairement des débats, de rechercher et de comparer les bases de la

DRAFT RECOMMANDATIONS

The Chairman opens the discussions on the draft recommendations. The draft presented by Messrs Focan and Fripiat is then read :

« Having regard to the necessity, which clearly appears from the debates, of investigating on and comparing

terminologie et des méthodes d'analyses biologiques, chimiques, physiques et morphologiques des sols d'Afrique tropicale, il est recommandé aux Gouvernements intéressés :

» 1) De créer un bureau de recherches, d'expérimentation et de comparaison des méthodes analytiques employées dans les contrées africaines;

» 2) De charger ce bureau des services d'échanges d'échantillons, en vue de comparer la valeur régionale des méthodes éprouvées;

» 3) De charger ce bureau d'établir des contacts avec les principales institutions pédologiques qui travaillent dans les régions tempérées ou tropicales, en vue de recommander des méthodes analytiques comparables. »

***

Le Président souligne l'intérêt de la proposition française qui a l'avantage de préciser déjà le siège du futur organisme.
Il reste à décider de son rôle.

M. Charter estime qu'il y a lieu de discuter ces deux propositions avant de s'engager davantage.

M. Trochain fait remarquer que la proposition française comporte deux points :

a) la création d'un bureau international des sols;

b) la création d'un service à Yangambi.

Le Président estime que, dans ces conditions, ce service ne peut en aucun cas porter préjudice à d'autres organismes africains.

M Clay considère la proposition française comme très acceptable, à condition que le service créé dispose du personnel suffisant et des fonds indispensables pour permettre à son directeur et, le cas échéant, à son personnel, de se déplacer selon les besoins.

M. Botelho da Costa exprime son accord sur le principe de confier ce service à l'Inéac; toutefois, il ne peut prendre d'engagement quant à la forme à donner aux relations entre le bureau et les colonies portugaises, sans consulter au préalable son Gouvernement.

the terminology and the methods of biological, chemical, physical and morphological analyses of the soils of tropical Africa, it is agreed to recommend to the Governments concerned :

» 1. That they should set up an organization for research, experimentation and the comparison of analytical methods in use in African areas.

» 2. That this organization should arrange for the exchange of samples in view of comparing inter-regionally methods of proven value for given regions.

» 3. That this organization should establish contacts with the principal pedological Institutions that operate in temperate and tropical regions, in view of recommending comparable analytical methods. »

***

The Chairman emphasizes the interest of the French proposal. It has the advantage of clearly indicating the headquarters of the future organization; its functions remaining to be specified.

Mr Charter thinks that these two recommendations should be discussed before any other matter.

Mr Trochain makes it clear that the French recommendation is made up of two points :

a) the setting up of an Inter-African bureau of soils;

b) the setting up of an organization at Yangambi.

It appears to the Chairman that, under these conditions, the proposed organization cannot in any way prejudice any other African organization.

Mr Clay considers the French recommendation as most acceptable as far as adequate staff and funds are provided to the organization so that the Director and if necessary his subordinates can travel according to needs.

Mr Botelho da Costa agrees with the idea of entrusting the I.N.E.A.C. with the organization. However, he does not want to commit himself as to the procedure of the relations between the bureau and the Portuguese Colonies, before consulting his Government.

M. LEBRUN donne l'assurance que la délégation belge accepte pleinement les charges qu'entraîne la réalisation du projet.

Mr LEBRUN gives assurances that the Belgian delegation is wholly prepared to assume the duties involved by the acceptance of the recommendation.

LE PRÉSIDENT souligne la nécessité des Commissions régionales et demande l'avis de l'assemblée. Celle-ci marque son accord sûr le principe.

THE CHAIRMAN considers necessary to have regional committees and requests the opinion of the Assembly on this point. Agreement is obtained.

Suite aux échanges de vues entre MM. LE PRÉSIDENT, CLAY, LEBRUN et ELLIS, il est décidé de charger le bureau de rédiger un projet de recommandation qui tiendra compte des amendements proposés; toutefois, le Président réclame l'accord de l'Assemblée sur le principe du projet avec ses amendements.

Follow exchanges of views between the CHAIRMAN, Messrs CLAY, LEBRUN and ELLIS. The assembly decides to ask the bureau to draw up a draft recommendation that should consider the French proposal and the amendments put forward by the Mr CLAY.

M. JURION remercie les différentes délégations de la confiance accordée à l'Inéac.

Mr JURION thanks the different delegations for their trust in the I N.E.A.C.

***

Communication n° 143 : J. L. D'HOORE

(reprise de la discussion entamée à la première séance).

(resumption of the discussion opened at the first sitting).

M. D'HOORE. développe rapidement sa théorie sur le fer mobile et propose l'adoption du nouveau terme « fer mobile ».

Mr D'HOORE explains rapidly his theory about « mobile iron » and proposes the adoption of the term « mobile iron » in the terminology.

MM. CHARTER, ELLIS, VAN GARDEREN et GETHIN-JONES posent quelques objections qui sont réfutées par M. D'Hoore.

Objections from MMrs CHARTER, ELLIS and VAN GARDEREN are disproved by Mr D'Hoore.

La séance est levée à 16 h. 25.

The meeting adjourns at 16.25 hrs.

6e Séance

Le 13 novembre 1948, à 8 h. 15.

En l'absence de M. KEEN, M. TROCHAIN préside la séance.

6th Sitting

November the 13th, at 8.15 hrs.

In Mr KEEN's absence, Mr TROCHAIN takes the chair.

Communication n° 1 : C. L. WICHT

présentée par l'auteur.

introduced by the author.

A la suite de sa communication, M. WICHT propose un projet de recommandation ainsi conçu :

Following on his communication, M. WICHT introduces the draft of a recommendation that reads as follows:

***

La conférence recommande que les Gouvernements des territoires africains entreprennent aussitôt que possible des recherches fondamentales, indépendamment de celles à portée pratique, sur les problèmes de la conservation de l'eau et du sol. Il importe particulièrement de poursuivre les re-

This Conference recommends that the Governments of African territories should, as soon as possible, instigate long term, fundamental research, independent of production research, on the basic problems of soil and water conservation.

It is particularly important to in-

cherches hydrologiques quant aux effets que les diverses méthodes d'utilisation du sol exercent sur les différentes phases du cycle hydrologique, telles que les précipitations, l'évaporation, la transpiration, l'infiltration, le maintien du niveau des nappes aquifères et le débit des cours d'eau.

Il convient de coordonner semblables recherches partout en Afrique. A cette fin, il importe d'établir des échanges d'information entre les pays africains, principalement par l'intermédiaire des *Services météorologiques et hydrologiques.*

***

M. BERNARD signale qu'une résolution a déjà été prise à Toronto, dans le but de coordonner les efforts entrepris dans ce domaine.

Le PRÉSIDENT insiste pour que la recommandation présentée par M. WICHT s'accorde avec les résolutions de Toronto.

M. GILBERT signale que des études analogues sont au programme de l'I.N.E.A.C. et le Président remarque qu'il en est de même pour l'A.O.F.

M. VAN GARDEREN est d'accord avec M. WICHT.

M. CHARTER pense que, pour obtenir les fonds nécessaires pour effectuer les recherches, il faut présenter celles-ci sous un angle économique. MM. GRIFFITH et WICHT préfèrent des propositions nettes.

clude hydrological research on the effects of various forms of land-use on the different phases of the hydrologic cycle, such as precipitation, evaporation, transpiration, infiltration, ground-water replenishment and stream discharge.

Such research schould be coordinated throughout Africa and to this purpose there should be an exchange of information between African Governments, principally through the medium of the *Meteorological and Hydrological Services.*

***

Mr BERNARD states that a recommendation has already been made at Toronto in view of coordinating the research efforts in this field.

THE CHAIRMAN suggests that the recommendation presented by Mr WICHT should be in agreement with the Toronto recommendation.

Mr GILBERT says that similar studies are foreseen by the I.N.E.A.C.

THE CHAIRMAN adds that the same holds for French Equatorial Africa.

Mr VAN GARDEREN agrees with Mr WICHT.

Mr CHARTER thinks that in view of obtaining the necessary funds to achieve such research works, economic arguments should be put forward. Messrs WICHT and GRIFFITH favour straightforward proposals.

Communication n° 37 : M. SCHNELL

présentée par M. LETOUZEY.

M. GILBERT approuve la distinction faite entre terres à vocation forestière et celles à vocation agricole.

M. LE TOUZEY pense, cependant, qu'une étude édaphique est nécessaire pour faire cette discrimination.

Le PRÉSIDENT précise quelques points de la communication.

Suite à une intervention de M. CHARTER, M. SCHUMACKERS relève un point de la communication n° 43, au sujet de la destruction de la carapace latéritique, suite à l'action de la forêt pendant seize ans. Sur ces entrefaites,

***

M. AUBRÉVILLE propose le projet de recommandation ci-dessous.

La Conférence,

constatant, d'une part, l'incertitude

introduced by Mr LETOUZEY.

Mr GILBERT approves the distinction made between soils that should be afforested and those to be cultivated.

Mr LETOUZEY is of the opinion however that this discrimination is subordinated to the study of the soil.

THE CHAIRMAN gives precisions concerning some points of the communication.

Following a remark from Mr CHARTER, Mr SCHUMACKERS draws attention to an extract of communication n° 43 stating that a lateritic soil was delaterised after sixteen years under forest cover.

***

Mr AUBRÉVILLE then presents a draft recommendation.

The Conference,

observing, on the one hand, the un-

dans laquelle nous sommes encore au sujet des processus et des vitesses de formation dans les couches superficielles de certains sols tropicaux des phénomènes de concrétionnement et de cimentation ferrugineuse en rapport avec la nature de la couverture végétale, ou avec sa disparition;

Reconnaissant, d'autre part, l'importance des conséquences de ces phénomènes sur la dégradation des sols et et de la végétation, pouvant motiver des interdictions de cultiver ou de déboiser sur des sols susceptibles d'être rendus stériles par la formation des cuirasses ferrugineuses;

Recommande aux organismes qualifiés, dans tous les territoires africains, de multiplier les observations et les expériences, sur le terrain et en laboratoire, afin de déterminer, avec le plus de certitude possible, les causes, les formes de cette altération des sols tropicaux, et, éventuellement, les moyens de l'arrêter ou de la freiner, dans la mesure ou l'homme peut agir sur la constitution du manteau végétal protecteur des sols.

certainty still reigning in respect of the processus and speeds of formation of the phenomena of concretion and ferruginous cementing in the superficial layers of certain tropical soils, in relation to the nature of the vegetation cover, or to its disappearance;

Recognizing, on the other hand, the importance of the consequences of the phenomena as regards the degradation of soils and vegetation which may lead to forbidding cultivation or forest clearing on soils likely to be rendered sterile by the formation of ferruginous crusts,

Recommends that in all african territories, the organizations concerned, should develop observations and experiments, in the field and in laboratories, to determine with the greatest degree of possible accuracy the causes and forms of this alteration of tropical soils and, eventually, the means of preventing or checking it, insofar as man can have any action on the constitution of the vegetal protecting cover of the soils.

***

Communication n° 72 : H. JACQUES-FÉLIX

présentée par M. LETOUZEY.

M. CHARTER a remarqué des savanes analogues en Côte de l'Or; cependant, ces savanes ne sont pas situées sur sol infertile et se trouvent dans un climat différent.

Le PRÉSIDENT fait une distinction entre les savanes côtières et celles dont parle M CHARTER.

introduced by Mr LETOUZEY.

Mr CHARTER has seen similar « savannas » in the Gold Coast. Those savannas however are not infertile and are found in a different climate.

THE CHAIRMAN stresses the difference between the Coastal regions savannas and those mentioned by Mr CHARTER.

Communication n° 92 : D. C. EDWARDS

présentée par M. BARKER.

Le PRÉSIDENT relève un passage qui peut se traduire par l'expression : « La végétation est le miroir du milieu ».

introduced by Mr BARKER.

THE CHAIRMAN calls attention to a passage of the communication that can be summarized in the sentence « the Vegetation is the mirrored image of environment ».

Communication n° 76 : A. CHEVALIER

présentée par M. DROGUÉ.

M. GERMAIN appuie les thèses de M. CHEVALIER qui diffèrent de celles de M. AUBRÉVILLE.

Il s'ensuit un échange de vues entre M. AUBRÉVILLE et M. GERMAIN, au sujet de l'origine des espèces de la forêt secondaire, spécialement.

introduced by Mr DROGUÉ.

Mr GERMAIN seconds Mr CHEVALIER'S views which are dissimilar to those held by Mr AUBRÉVILLE.

Views are exchanged between Mr AUBRÉVILLE and Mr GERMAIN about the origin of some species, specially those of the secundarized forest.

M. CHARTER demande si les clairières qu'on remarque parfois en forêt ne seraient pas en rapport avec la présence dans le sol de lentilles ferrugineuses.

La discussion porte ensuite sur l'existence de clairières en forêt. Ces clairières sont-elles en relation avec les cuirasses latéritiques, avec le microrelief ou dépendent-elles d'autres facteurs ?

M. GERMAIN revient à son intervention précédente et fait remarquer qu'il a voulu signaler le danger d'étudier le comportement d'une essence dans une plantation pure, c'est-à-dire hors de son milieu naturel. Il souligne encore qu'en forêt primaire certaines essences secondaires peuvent se développer en faveur de clairières naturelles

M. GETHIN-JONES demande des explications concernant la dispersion de *Pteris aquilina*. M. LEBRUN fait remarquer que cette plante est ubiquiste et qu'on en connaît déjà cinq sous-espèces.

Mr CHARTER asks if the glades that can be noticed sometimes in the forests have any relation with ferruginous crusts. The existence of those glades is then discussed. Are they to be related to lateritic crusts to microcontour or to others factors?

Mr GERMAIN recalls his previous remark on Mr CHEVALIER's paper, wishing to point out clearly what he meant; that is should be dangerous to study a tree in a pure stand, i. e. outside its natural environment. He adds that certain species of the secundary forest may develop in the primeval sylva at the favour of natural clearings or glades.

Mr GETHIN-JONES requests informations as to the distribution of *Pteris aquilina*. Mr LEBRUN informs that it is an ubiquist plant of which five subspecies are known.

Communication n° 149 : F. SMEYERS

présentée par M. FRIPIAT.

A ce sujet, M. FOCAN insiste sur la nécessité d'établir des expériences sur des milieux bien étudiés au préalable.

introduced by Mr FRIPIAT.

In relation with this paper, Mr FOCAN stresses the importance of experimenting only in places that have been thoroughly studied beforehand.

Communication n° 15 : R. PORTÈRES

présentée par M. DROGUÉ.

Le PRÉSIDENT souligne que ce n'est pas la plante qui doit être considérée comme indicatrice, mais bien l'association végétale.

introduced by Mr DROGUÉ.

THE CHAIRMAN stresses the distinction that the plant itself is not the indicator but the vegetal association.

Communication n° 136 : F. L. HENDRICKX

présentée par M. GERMAIN.

M. SCHUMACKERS fait une remarque au sujet du paillage et de son prix de revient.

introduced by Mr GERMAIN.

Mr SCHUMACKERS makes a remark about mulching and its cost.

Communication n° 174 : R. GERMAIN — H. LAUDELOUT

présentée par M. GERMAIN.

Ne suscite aucun commentaire.

introduced by Mr GERMAIN.

No comments arise.

***

La question des latérites est reprise par MM. CHARTER, CROEGAERT, WICHT, DA COSTA, GILBERT, VAN STRAELEN, BERNARD et le PRÉSIDENT.

M. CHARTER défend le processus possible de pédogénèse à partir des concrétions ferrugineuses.

The question of laterite is again discussed between MM. CHARTER, CROEGAERT, FOCAN, WICHT, DA COSTA, GILBERT, VAN STRAELEN, BERNARD and THE CHAIRMAN.

Mr CHARTER thinks it possible that a soil could originate from ferruginous concretions.

M. GILBERT croit qu'il est possible que les concrétions ferrugineuses soient d'origine microbienne et liées à la nappe phréatique. (Cfr. à ce sujet la communication 150).

M. FOCAN ne voit aucune relation entre la végétation actuelle et la présence de concrétions ferrugineuses.

M. CROEGAERT amène la discussion sur le sens des expressions roche-mère et parent-material, parent-rock et bed-rock.

Pour M. DA COSTA, le parent-material correspond à l'horizon C, tandis que l'horizon D est le bed-rock qui peut être une formation géologique, sans relation avec le profil.

M. VAN STRAELEN considère qu'au point de vue géologique il n'est pas possible que l'action de la végétation parvienne à transformer en sol une carapace ferrugineuse arrivée à un stade ultime d'évolution. D'autres facteurs par exemple, tels qu'un cycle d'érosions peuvent y parvenir

Revenant à la communication n° 43, M. BERNARD attire l'attention sur le danger qu'il y a d'imposer un terme dans le temps, à un phénomène caractérisé par sa continuité.

La séance est levée à 12 heures.

Mr GILBERT thinks that the origin of ferruginous concretions might be bound to microbiological activity and to variations of the water table. (Cfr. communication n° 150).

Mr FOCAN sees no relation at all between the existing types of vegetation and the presence of ferruginous concretions.

Mr CROEGAERT wants the term roche-mère, parent-material, parent-rock and bed-rock to be explained.

Mr DA COSTA explains that parent-material corresponds to the C horizon. The « D horizon » is the bed-rock, that can be a geological formation without any relation to the profile

Mr VAN STRAELEN considers that, from the geologist's point of view, soils cannot derive from ferruginous crusts, that have reached their ultimate stage of evolution, through vegetal activity; they can be obtained through other agencies, such as cycles of erosion.

Mr BERNARD reverting to communication n° 43 stresses the danger of giving a limit in time to a phenomenon that is caracterized by its continuity.

The meeting is adjourned at 12 hrs.

7e Séance

Le 13 novembre 1948, à 14 heures.

La présidence est reprise par M. KEEN.

7th Sitting

November the 13th 1948, at 14.30 hrs.

The Chair is taken up again by Mr KEEN.

Communication n° 152 : A. RINGOET

présentée par M. D'HOORE.

Non commentée

introduced by Mr D'HOORE.

Not commented upon.

Communication n° 49 : A. VANDENPLAS

Au sujet du lysimètre proposé, M. TROCHAIN demande quelques explications et M. GRIFFITH fait diverses objections.

M. BERNARD convient que la méthode proposée présente certaines imperfections.

M. GETHIN-JONES signale que beaucoup de sols forestiers ont de larges chenaux radiculaires; il est nécessaire d'avoir des lysimètres suffisamment grands.

Mr TROCHAIN requests some explanations concerning the lysimeter Mr GRIFFITH views some objections.

Mr BERNARD agrees that the method has its imperfections

Mr GETHIN-JONES states that many forest soils have large root channels so that there is need for sufficiently large lysimeters.

M. FRIPIAT remarque qu'à Yangambi, l'infiltration représente seulement 30 à 40 % de la pluie tombée et que les variations sont en rapport avec la répartition des pluies.

M. CHARTER demande s'il existe un appareil simple pour la mesure de l'évaporation de l'eau.

LE PRÉSIDENT répond qu'il est physiquement impossible de mesurer exactement cette grandeur. La seule méthode est la méthode directe, qui ne donne d'ailleurs que des résultats assez imparfaits.

Cette question fait l'objet d'une nouvelle science qui prend place à côté de la pédologie et de la climatologie.

Le PRÉSIDENT donne quelques détails sur la technique des travaux à ce sujet, effectués en Angleterre et qu'il désire voir entreprendre en Afrique.

M. BERNARD dit que les recherches de l'I.N.E.A.C. sont orientées dans un sens analogue et signale la méthode indirecte de Thornthwaite pour mesurer l'évaporation.

Le PRÉSIDENT fait remarquer que cette méthode ne donne pas encore de résultats parfaits.

Mr FRIPIAT remarks that at Yangambi infiltration represents only 30 to 40 % of the rainfall and that this quantity is influenced by fluctuations in rainfall.

Mr CHARTER asks then if a simple apparatus to measure evaporation exists.

THE CHAIRMAN replies that from the physical point of view it is impossible to measure evaporation exactly. The only method is an indirect one that gives only imperfect results.

This question is the subject of a new science that finds its place next to pedology and to climatology.

THE CHAIRMAN gives some details concerning the technical aspects of experiments conducted in Great Britain, experiments he would like to see carried out in Africa.

Mr BERNARD remarks that the I.N.E.A.C has started research work on the same general lines, and calls attention to Thornthwaite's indirect method.

THE CHAIRMAN remarks that this method too does not give perfect results.

Communication n° 48 : R THOMAS

Communication n° 60 : R. THOMAS

présentées par M. DE BRABANDÈRE.

Le PRÉSIDENT souligne la valeur de ces méthodes empiriques.

M. BERNARD précise l'intérêt de ces formules simples employées par les climatologues, afin de rendre les données comparables.

M. TROCHAIN remarque qu'en ce qui concerne le climat biologique, l'étude de la végétation reste encore ce qu'il y a de meilleur quand il s'agit d'un territoire relativement réduit.

introduced by Mr DE BRABANDÈRE.

THE CHAIRMAN stresses the value of these empirical methods.

Mr BERNARD points out the interest of those simple formulas used by climatologists, in order to get comparable results.

Mr TROCHAIN remarks concerning biological climates that the study of the vegetation remains the most reliable method, when applied to a relatively small territory.

Communication n° 140 : E. A. BERNARD

Communication n° 147 : E. A. BERNARD

présentées par l'auteur.

M. BERNARD annonce qu'avec M. GOEDERT il présentera un projet de recommandation.

LE PRÉSIDENT remercie M. BERNARD et souligne le grand intérêt de ses communications. En guise de commentaire, il ajoute que les hommes qui s'occupent de science peuvent se

introduced by the author.

Mr BERNARD announces that he will present with Mr GOEDERT a draft recommendation.

THE CHAIRMAN thanks Mr BERNARD and stresses the great interest of his papers. As a commentary he adds that scientists can be grouped into two categories: the intuitionalists or gues-

classer en deux catégories : ceux qui ont l'intuition, qui devinent, et ceux qui accumulent et synthétisent.

La séance est levée à 16 h. 30.

sers and the accumulators or synthesizers.

The meeting is adjourned at 16.30 hrs.

8e Séance

Le 14 novembre 1948, à 9 h. 20.

M. PENDLETON assure la présidence.

M. BERNARD (I.N.E.A.C.) et M. GOEDERT (Service Météorologique de la Colonie), présentent un projet de Recommandation.

***

Recherches écoclimatiques et Conservation des Sols Africains

Considérant, d'une part, l'importance déterminante de l'aspect écoclimatique des problèmes touchant la formation et la conservation des sols africains;

Considérant, d'autre part. l'insuffisance des connaissances objectives acquises dans ce domaine,

La Conférence recommande :

1° Que les observations écoclimatiques générales, complétées d'observations spécifiques, directement significatives soient utilisées autant que possible pour éclaircir ces problèmes;

2° Qu'un contact étroit soit établi dans chaque pays africain entre les spécialistes de la conservation des sols et les services météorologiques et hydrologiques.

La Conférence estime, en effet, ce contact indispensable :

a) Pour permettre aux spécialistes de recueillir les données complètes de climatologie régionale qui les intéressent;

b) Pour la mise au point de leurs méthodes de recherches écoclimatiques particulières.

Cette collaboration permettrait aussi aux centres d'études permanents de la conservation des sols, d'établir leurs stations d'écoclimatologie selon les normes internationales des réseaux météorologiques.

La Conférence attire ici l'attention sur de récentes recommandations adoptées par la Conférence africaine de Météorologie de Salisbury en 1947, et,

8th Sitting

November, the 14th 1948, at 9:20 hrs.

Mr PENDLETON takes the Chair as ACTING CHAIRMAN.

Mr BERNARD (I.N.E.A.C.) and M. GOEDERT (Belgian Government Meteorological Service) introduce a draft Recommendation.

***

Ecoclimatic researches and Conservation of African Soils

With regards, on the one hand, to the determinative importance of the ecoclimatic aspect of the problems related to the formation and the conservation of African soils;

With regards, on the other hand, to the insufficient objective knowledge acquired in this field,

The Conference recommends :

1° That general ecoclimatic observations supplemend by directly significant specific observations should be used as much as possible to throw light on these problems;

2° That closer contacts be established in each of the African territories, between specialists of soil conservation and the meteorological and hydrological services.

The Conference considers these contacts indispensable :

a) To enable specialists to collect complete data on regional climatology of interest to them;

b) to enable them to develop their particular methods of ecoclimatic research. This co-operation would also enable permanent centres for the study of soil conservation to set up ther ecoclimatical stations in accordance with the international standards of meteorological networks.

The Conference draws attention to recent recommendations adopted by the African Conference of Meteorology held at Salisbury in 1947 and by the

par les Commissions Internationales de Climatologie, de Météorologie agricole et d'Hydrologie réunies à Toronto en 1947.

***

Ce projet de recommandation est adopté à l'unanimité.

International Committees on Climatology, Agricultural Meteorology and Hydrology convened in 1947 at Toronto.

***

The draft Recommendation is unanimously adopted.

Communication n° 4 : J. CROEGAERT

M CHARTER signale qu'en Côte de l'Or et en Nigérie, les conditions de fertilité pour le cacaoyer ne sont pas identiques à celles du Congo Belge.

M. FOCAN remarque que, à un Congrès en Nigérie, en 1938, on a cependant attaché assez bien d'importance au point de vue chimique et non seulement au point de vue physique.

M. CHARTER fait remarquer que de nouvelles études ont donné d'autres informations dans la suite, spécialement dans le cas de terrains sablonneux acides.

Mr CHARTER points out that in the Gold Coast and in Nigeria fertility conditions for cacao are not identical to those in Belgian Congo

Mr FOCAN remarks that, in a Congress that was held in Nigeria, some importance had been attached to the chemical composition of the soil and not only to physical properties.

Mr CHARTER replies that afterwards further studies have given new informations specially in the case of acid sandy soils.

Communication n 98 : M. ENGELBEEN

présentée par M. D'HOORE.

M. PENDLETON signale le danger de se confier uniquement à l'analyse biométrique ou bien uniquement au bon sens.

M. CHARTER fait remarquer la grande valeur des méthodes statistiques, même pour des prospections.

M. WICHT prend également la défense des méthodes statistiques et M. FOCAN demande à M. CHARTER des informations complémentaires sur ces méthodes.

M. BERNARD remarque que le terme « biomathématique » englobe un domaine plus vaste que le contenu de la communication. Il estime, d'autre part, que ce travail doit être confié non à un a gronome, mais à un mathématicien expérimenté dans la science des statistiques.

introduced by Mr D'HOORE.

Mr PENDLETON stresses the danger of relying either only on biometric analyses or only on common sense.

Mr CHARTER points out the great value of statistical methods even in the field of pedological prospections.

Mr WICHT also supports statistical methods and Mr FOCAN asks Mr CHARTER complementary informations about the method he mention.

Mr BERNARD observes that the heading « biomathematics » is too comprehensive. He states also that this sort of work should be handled by a trained mathematician and not by an agronomist.

Communication n° 11 : J. E. OPSOMER

présentée par M. D'HOORE.

LE PRÉSIDENT a étudié la question dans le sud-est de l'Asie et recommande le riz de basse terre, dans le cas de sols pauvres, de faibles précipitations et où il y a des populations denses. Il donne quelques détails importants quant à la technique de ces cultures.

M. TRAPNELL fait remarquer que les expériences américaines concernant la

introduced by Mr D'HOORE.

THE CHAIRMAN states that he has studied the question in South East Asia and recommends low-land rice in areas where there is a dense population with poor soils and low rainfall. He gives some important technical details.

Mr TRAPNELL points out that the American experiments about photope-

photopériodicité et la culture mécanique, peuvent être intéressantes pour l'Afrique.

A une demande de renseignements de M. LOZET sur la technique de culture du riz sur sols salins, des références sont données par MM. TROCHAIN et CHARTER.

M. SCHUMACKERS voudrait savoir pour quelles raisons le riz peut être cultivé pendant de nombreuses années consécutives, sur le même terrain, lorsqu'on emploie ces méthodes.

M. PENDLETON donne l'explication : l'apport de matières en suspension dans l'eau.

Ensuite, M. TROCHAIN fournit des renseignements complémentaires.

riodicity and mechanical cultivation could be of interest for Africa.

Some references are given by Messrs. TROCHAIN and CHARTER to Mr LOZET who requests some details about the cultivation of rice on saline soils.

Mr SCHUMACKERS asks why rice can be cultivated over a number of consecutive years on the same soils when these methods are practiced.

Mr PENDLETON explains that it is due to the loam brought by the water.

Mr TROCHAIN gives then some further informations.

Communication n° 13 : J DUBOIS

présentée par M. D'HOORE.

M. FOCAN fait remarquer que, dans les expériences de DE CRAENE, quatre années de jachères à graminées ont suffi pour rétablir le sol, et il souligne que l'œuvre de M. BEIRNAERT a été poursuivie sans interruption.

M. GILBERT rappelle que l'apport massif de matières organiques peut être néfaste au sol Ce qui prime à Yangambi, c'est l'eau.

Un échange de vues a lieu entre MM. SCHUMACKERS, CHARTER, FOCAN et GILBERT au sujet de mécanisation et de fumure.

M. FOCAN conclut en disant qu'il ne faut pas généraliser.

LE PRÉSIDENT souligne le point de vue économique dans la question des engrais.

introduced by Mr D'HOORE.

Mr FOCAN observes that in DE CRAENE's experiments four years of grass-fallow were sufficient to re-establish the soil in a good condition, and notifies the fact that BEIRNAERT's work has been pursued without interruptions.

Mr GILBERT points out that organic matter in massive quantities may be harmful to the soil Water is the most important factor at Yangambi.

These statements lead to an exchange of views between Messrs. SCHUMACKERS, CHARTER, FOCAN and GILBERT about mechanization and fertilizers.

Mr FOCAN concludes by saying that one should not generalize.

THE CHAIRMAN stresses the importance of the economic factor whenever the use of fertilizers is considered.

Communication n° 69 : P VIGUIER

présentée par M. LETOUZEY.

Cette communication donne lieu à une explication de M. TROCHAIN sur la formation du delta central nigérien.

introduced by Mr LETOUZEY.

This communication leads to an explanation by Mr TROCHAIN of the formation of the Central Nigerian Delta.

Communication n° 61 : A. DE CRAENE

présentée par M. D'HOORE.

introduced by Mr D'HOORE.

Communication n° 101 : S. BOUYER

présentée par M. TROCHAIN.

introduced by Mr TROCHAIN.

Communication n° 170 : R. PICHEL — E. BERNARD

présentée par M. BERNARD.

introduced by Mr BERNARD.

Communication n° 168 :

SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DU CONGO BELGE.

BELGIAN CONGO METEOROLOGICAL SERVICE.

Communication n° 169 : P. GOEDERT

présentées par M. GOEDERT.

introduced by Mr GOEDERT.

LE PRÉSIDENT souligne l'intérêt de ces différents travaux, mais le temps fait défaut pour les discuter.

THE CHAIRMAN points out the interest of those communications, but unfortunately time is lacking to discuss them.

***

M. TRAPNELL, au nom de MM. DA COSTA, VAN GARDEREN et au sien, présente le projet de résolution suivant :

Mr TRAPNELL, in his name and as spokesman for Messrs DA COSTA and VAN GARDEREN, presents then the following draft resolution :

Projet de Recommandation
TERMINOLOGIE

« 1. Quel que soit le sens original du terme « latérite », son usage s'est actuellement généralisé en Afrique, dans le sens de la définition de DU PREEZ, c'est-à-dire : une formation concrétionnaire ferrugineuse. En conséquence, cette Conférence recommande de limiter, à l'avenir, l'usage du terme à cette définition.

» 2) En considération de l'importance de la composition des colloïdes inorganiques du sol, aussi bien du point de vue pédologique qu'agronomique, il est également convenu, comme mesure temporaire et en attendant des recherches ultérieures, de reconnaitre pour le moment la distinction des sols de Martin et Doyne basée sur la valeur de la relation SiO_2/Al_2O_3 comme un des critères de classification des sols; mais, que les sols appelés : latérite et latéritique — par ces auteurs (SiO_2/Al_2O_3 inférieur à 1,33 ou entre 1,33 et 2 — soient dénommés respectivement : allite et allitique.

Draft Recommendation
TERMINOLOGY

« Considering that whatever the original meaning of laterite, this term is now in genaral use in Africa, in the sense of Dupreez's definition, this Conference agreed to recommend restriction in future of the use of this term to this definition.

» Having regard to the importance of the composition of the inorganic colloïds of the soil, both from the pedological and the agronomic point of view, it is also agreed that as a provisional measure and pending further research, Martin and Doyne's distinction of soils by the SiO_2/Al_2O_3 ratio of the colloïdal fraction be recognized for the present as one of the criterions in soil classification, but that the soils termed : laterite and lateritic by these authors (SiO_2/Al_2O_3 less than 1,33 or between 1,33 to 2) be known henceforth as allite and allitic respectively. »

M. ELLIS propose de laisser l'étude de cette question au service à créer à Yangambi.

Mr ELLIS proposes that the study of this question be submitted to the Service to be set up at Yangambi.

M. FOCAN est d'accord pour admettre la proposition comme base de discussion.

Mr FOCAN agrees that the recommendation could be accepted as a basis for further discussion.

M. VAN GARDEREN voudrait qu'un accord intervienne au sujet de la terminologie utile à l'étude pédologique sur le terrain, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir des analyses de laboratoire.

Mr VAN GARDEREN would like to arrive at an agreement about terminology useful for field work, without being under obligation to refer to laboratory analyses.

M. TROCHAIN considère que les termes choisis dans le projet de proposition sont incomplets. Il voudrait voir

Mr TROCHAIN considers as incomplete some wordings used in the draft. He would favour another terminology, the

introduire d'autres désignations, notamment le terme « allitique ».

M. D'HOORE est du même avis. Il pense, de plus, que l'étude chimique peut aider à la compréhension de ces questions. Ainsi dans la formation d'accumulations de métaux trivalents, il faut distinguer leur mobilisation et leur précipitation avec diverses modalités. Il est prématuré de se lier à des valeurs de rapport déterminé.

M. FRIPIAT souligne les difficultés d'établir le rapport SiO_2/Al_2O_3 et doute de la valeur de celui-ci, d'autant plus qu'au moment où ces cuirasses se formaient, leur composition était sans doute toute différente de leur composition actuelle.

M. CROEGAERT fait remarquer que, dans l'idée de M. TRAPNELL, il s'agit d'analyses d'argiles et non de concrétions.

De l'avis de M. CHARTER, la classification devrait s'établir d'après la structure

A la demande de M. TRAPNELL, il est donné lecture une seconde fois du projet de résolution.

M. TROCHAIN ne peut approuver l'emploi des termes « allite » et « allitique » et propose l'emploi du mot « cuirasse » suivi d'un qualificatif indiquant l'état de la formation et, quand il s'agit de concrétions séparées, l'emploi de qualificatifs tels que : pisolithiques, etc.

LE PRÉSIDENT voudrait que l'étude de ce problème se poursuive à l'aide de systèmes d'analyses modernes. Il approuve le point de vue de M. D'HOORE.

Des échanges de vues s'engagent entre MM. FOCAN, TROCHAIN et ELLIS au sujet de la recommandation à adopter.

M. TROCHAIN se rallie à la proposition de M. ELLIS de charger de cette question le Service d'Etudes à créer à Yangambi.

LE PRÉSIDENT met d'abord au vote les deux propositions de MM. TRAPNELL, DA COSTA et VAN GARDEREN.

Ces propositions ne sont pas agréées.

MM. ELLIS et TROCHAIN présentent le projet de recommandation ci-dessous.

word « allitic », particularly, should be replaced

Mr D'HOORE agrees with Mr TROCHAIN. Furthermore, he thinks that the chemical study could help towards a clearer understanding of these questions. For instance, when the accumulation of trivalent metals is involved, one should distinguish either mobilisation or their precipitation with modalities. It is premature to bind ourselves to the values of a ratio.

Mr FRIPIAT points out the difficulties of establishing the SiO_2/Al_2O_3 ratio and questions its value, the more so, as at the time when these pans were in the process of being formed, their composition may probably have been totally different to their actual one.

Mr CROEGAERT observes that Mr TRAPNELL meant the analysis of the clay and not of the concretions.

Mr CHARTER is of the opinion that classifications should be according to structure.

Mr TRAPNELL ask for the recommendation to be read out again.

Mr TROCHAIN still disagrees about the words « allite » and « allitic » and suggests the word « pan » (cuirasse), followed by a qualificative indicating the state of the formation and when distinct concretions are involved, to use such terms as « pisolitic », etc.

THE CHAIRMAN wishes those studies to be continued with the help of more modern methods. He approves Mr D'HOORE's point of view.

Views are exchanged between Messrs FOCAN, TROCHAIN and ELLIS on the Recommendation to be adopted.

M TROCHAIN agrees with M. ELLIS who suggests to entrust the future service to be organized at Yangambi with the study of the question.

THE CHAIRMAN first puts on vote Messrs TRAPNELL, DA COSTA and VAN GARDEREN's two proposals.

They are not supported.

Messrs ELLIS and TROCHAIN introduce the following draft recommendation.

Projet de Recommandation
TERMINOLOGIE

La Conférence recommande :

Que pour arriver à une entente sur le sens des termes employés dans la description morphologique, sur le terrain, des profils des sols tropicaux africains (latérite, latéritique, cuirasse, concrétions, pisolithes, etc.), que le Service d'Etudes analytiques et de Nomenclature prévu à Yangambi, en relation avec le Bureau inter-africain de la Conservation des Sols et de ses sections locales, étudie et mette au point, d'urgence, ces définitions.

***

L'assemblée marque son accord.

Ensuite, M. Wicht rappelle l'importance de l'utilisation des mathématiques et des statistiques dans les études biologiques.

MM. Fripiat et Bernard marquent leur accord et proposent de se réunir avec M. Wicht pour établir le projet de résolution.

***

MM. Wicht, Fripiat et Bernard présentent le projet de Recommandation suivant :

Projet de Recommandation
CALCUL STATISTIQUE

La 1re Section exprime le vœu que la Conférence recommande :

Que des méthodes plus objectives et quantitatives de recherches remplacent les méthodes empiriques et subjectives trop fréquemment utilisées dans le passé, et que, dans toute la mesure du possible, des méthodes rationnelles de recherches et l'analyse statistique soient appliquées à des faits expérimentaux bien établis.

Draft Recommendation
TERMINOLOGY

The Conference recommend :

That, in order to arrive at an agreement on the meaning of the terms used in the morphological description, on the field, of profiles of African tropical soils (laterite, lateritic, pan, concretions, pisolithes, etc.), the Service for the furtherance of Nomenclature and Analytical techniques to be instated at Yangambi, in co-operation with the Inter-African Bureau for Soil Conservation and its local sections, should study these various expressions and define their meaning without delay.

***

The Recommendation is adopted.

Mr Wicht stresses the importance of mathematics and statistics in biological studies.

Messrs Fripiat and Bernard express their full agreement and suggest a meeting to M. Wicht to frame jointly a draft Recommendation.

***

Messrs Wicht, Fripiat and Bernard introduce the fowing draft Recommendation.

Draft Recommendation
STATISTICAL DESIGN

The First Section would wish that the Conference recommend :

That more objective and quantitative methods of research should replace the subjective and empirical methods generally used in the past and that national methods of research and statistical design and analysis should be applied to experimental and well established facts as extensively as possible.

RAPPORT GENERAL DE LA PREMIERE SECTION
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS
GENERAL REPORT OF THE FIRST SECTION
CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

La 1re Section a tenu 8 sessions au cours desquelles ont été présentées et discutées 65 communications, traitant de questions fort diverses.

The first Section has held eight meetings during which some sixty-five papers were discussed, covering a wide range of subjects.

Les principaux sujets développés sont relatifs:

Aux bases de la terminologie;

Aux méthodes d'analyse physique, chimique, biologique et morphologique du sol;

A la question des phénomènes de concrétionnement et de cimentation ferrugineuse en rapport avec leurs conséquences;

A la coordination des méthodes fondamentales sur les problèmes de la conservation de l'eau et du sol;

Aux études écoclimatiques en relation avec la formation et la conservation des sols;

Enfin, à l'emploi de disciplines plus objectives, en remplacement des méthodes empiriques et subjectives trop fréquemment utilisées jusqu'à ce jour.

***

En conclusion de ces travaux, la 1re Section fait les recommandations suivantes :

1) Etant donné la nécessité qui ressort des débats, de rechercher et de comparer les bases de la terminologie et des méthodes d'analyse biologiques, chimiques, physiques et morphologiques des sols d'Afrique tropicale, il est recommandé aux Gouvernements intéressés .

a) de créer un Service de recherches, d'expérimentation et de comparaison des méthodes analytiques et morphologiques employées dans les contrées africaines,

b) de charger ce Service de procéder à des échanges d'échantillons, en vue de comparer la valeur régionale des méthodes éprouvées et de mettre au point la nomenclature des sols tropicaux africains;

c) de charger ce Service d'établir des contacts avec les principales institutions pédologiques qui travaillent dans les régions tempérées ou tropicales, en vue de recommander des méthodes analytiques appropriées;

d) Ce service serait établi à l'Inéac, à Yangambi. Il travaillerait en collaboration avec des Commissions régionales — existantes ou à créer. Il disposerait du personnel suffisant pour assurer son bon fonctionnement. De plus, les fonds nécessaires seraient prévus pour permettre à son directeur

The most important of these being :

The bases of terminology,

The physical, chemical, biological, and morphological methods of soil analysis,

The question of ferruginous concretions and cementation and their consequences,

The co-ordination of basic methods of soil and water conservation,

The relation of eco-climatical studies to soil formation and conservation,

The replacement of earlier empirical and subjective methods by others more objective in nature.

***

The discussions led to the following recommendations :

1) Having regard to the necessity, which clearly appears from the debates, of investigating and comparing the terminology and the methods of biological, chemical, physical and morphological analyses of the soils of tropical Africa, it is agreed to recommend to the Governments concerned:

a) that they should set up an organization for research on analytical and morphological methods made use of in African areas, and for the experimentation or the comparison of these methods;

b) that this organization should arrange for the exchange of samples in view of comparing, inter-regionally, given region and to draw up a nomenclature of tropical soils;

c) That this organization should establish contacts with the more important pedological Institutions that operate in temperate and tropical regions in view of recommending comparable analytical methods,

d) that this organization should be established at the I.NE.A.C., Yangambi, and work in collaboration with regional Committees, in existance or to be set up. It should be adequately staffed in so far as to function efficiently. In addition, financing should be in a measure as to allow the Direc-

et à son personnel les déplacements nécessaires pour assurer la liaison avec les Commissions régionales, et, éventuellement, procéder à des études sur place

2) Constatant, d'une part, l'incertitude dans laquelle nous sommes encore au sujet des processus et des vitesses de formation dans les couches superficielles de certains sols tropicaux, des phénomènes de concrétionnement et de cimentation ferrugineuse en rapport avec la nature de la couverture végétale ou avec sa disparition,

Reconnaissant d'autre part, l'importance des conséquences de ces phénomenes sur la dégradation des sols et de la végétation, pouvant motiver des interdictions de cultiver ou de déboiser sur des sols susceptibles d'etre rendus stériles par la formation des cuirasses ferrugineuses,

la Conférence recommande aux organismes qualifiés, dans tous les territoires africains, de multiplier les observations et les expériences, sur le terrain et en laboratoire afin de déterminer, avec le plus de certitude possible, les formes de cette altération des sols tropicaux, et, éventuellement les moyens de l'arrêter ou de la freiner, dans la mesure ou l'homme peut agir sur la constitution du manteau végétal protecteur des sols

3) La Conférence recommande que les Gouvernements des territoires africains entreprennent, aussitôt que possible, des recherches fondamentales à long terme, indépendamment de buts pratiques de production, sur les problèmes de la conservation de l'eau et du sol

Il importe particulièrement de poursuivre les recherches hydrologiques quant aux effets que les méthodes variées d'utilisation du sol exercent sur les différents termes du cycle hydrologique, tels que les précipitations, l'évaporation, la transpiration, l'infiltration, les eaux souterraines et le débit des cours d'eau

Semblables recherches devraient être coordonnées partout en Afrique et, à cette fin, il devrait s'établir des échanges d'informations entre les pays africains, principalement par l'intermédiaire des *Services météorologiques et hydrologiques.*

tor and staff to travel as and when required to ensure liaison with the regional Committees and as to carry out, eventually, studies wherever and whenever circumstances command·

2) The Conference,

Mindful, on the one hand, of the shortcomings of our knowledge with respect to the process in speed and nature, of the concretionary and ferruginous cementation phenomena in the superficial layers of certain tropical soils, in relation to the nature or the disappearence of the vegetation-mantle,

Heedful, on the other hand, of the important consequences of the phenomena with regard to the degradation of soils and vegetation, which might lead eventually to forbidding cultivation or forest clearance on soils likely to be sterilized by the formation of ferruginous crusts,

agreed to recommend that the organization concerned, in all African territories, should develop observational and experimental work, on the field and in laboratories to determine with the highest possible accuracy, the causes and forms of this alteration of tropical soils and, eventually, the means of preventing or checking it in so far as man can have any action on the constitution of the vegetation-mantle protecting the soils,

3) The Conference agreed to recommend that the Governments of African Territories should, as soon as possible, instigate long term, fundamental research, independant of production research, on the basic problems of soil and water conservation

It is particularly important to include hydrological research on the effects of various forms of land-use on the different phases of the hydrologic cycle, such as precipitation, evaporation, transpiration, infiltration, ground-water replenishment and stream discharge

Such research should be co-ordinated throughout Africa and to this purpose, there should be an exchange of information between African Governments, principally through the medium of the *Meteorological and Hydrological Services;*

4) La Conférence recommande:

Que pour arriver à une entente sur le sens des termes employés dans la description morphologique, sur le terrain, des profils des sols tropicaux africains (latérite, latéritique, cuirasse, concrétions, pisolithes, etc...) le Service d'Etudes analytiques et de Nomenclature prévu à Yangambi, en relation avec le Bureau inter-africain de la conservation des sols et ses sections locales, étudie et mette au point d'urgence ces diverses définitions.

4) The Conference agreed to recommend that in order to arrive at an agreement on the meaning of the terms employed in the morphological description, in the field, of African tropical soil-profiles (laterite, lateritic, pan, concretion, pisolithes, etc.) the Service for the furtherance of Nomenclature and Analytical techniques, to be instated at Yangambi, in co-operation with the Inter-African Bureau of soil conservation and its local sections, should study these various expressions and define their meaning without delay;

5) Considérant d'une part l'importance déterminante de l'aspect écoclimatique des problèmes touchant la formation et la conservation des sols africains,

Considérant, d'autre part, l'insuffisance des connaissances objectives acquises dans ce domaine,

la Conférence recommande :

a) que les observations écoclimatiques générales, complétées d'observations spécifiquement et directement significatives soient utilisées, autant que possible, pour éclaircir ces problèmes,

b) qu'un contact étroit s'établisse dans chaque pays africain entre les spécialistes de la conservation des sols et les Services météorologiques et hydrologiques. La Conférence estime, en effet, ce contact indispensable:

1° pour permettre aux spécialistes de recueillir les données complètes de climatologie régionale qui les intéressent;

2° pour la mise au point de leurs méthodes de recherches écoclimatiques particulières.

Cette collaboration permettrait aussi aux centres d'études permanents de la Conservation des sols, d'établir leurs stations d'écoclimatologie selon les normes internationales des réseaux météorologiques.

La Conférence attire ici l'attention sur de récentes recommandations adoptées par la *Conférence africaine de Météorologie* de Salisbury, en 1947, et par les *Commissions internationales de Climatologie, de Météorologie agricole et d'Hydrologie,* réunies à Toronto en 1947.

5) The Conference, mindful, on the one hand, of the determinant importance of the ecoclimatic aspect of the problems in relation to the formation and conservation of African soils,

Aware on the other hand, of the insufficient knowledge secured in this field,

agreed to recommend:

a) that general ecoclimatic observations, supplemented by directly significant and specific observations, should be made use of, to the utmost measure, to throw light on these problems ;

b) that close contacts be established, in each of the African territories between specialists of soil conservation and of Meteorological and Hydrological Services.

The Conference agreed to consider these contacts indispensable:

1° to enable specialists to collect complete data on regional climatology of interest to them;

2° to enable them to improve their own methods of ecoclimatical researches. This co-operation would also enable permanent centres for the study of soil conservation to equip their ecoclimatical stations in accordance with the International Standards of Meteorological networks.

The Conference draws attention to recent recommendations adopted by the *African Conference on Meteorology* held at Salisbury in 1947, and by the *International Committees on Climatology, Agricultural Meteorology and Hydrology* convened at Toronto in 1947 ;

6) La Conférence recommande que des méthodes plus objectives et quan-

6) The Conference agreed to recommend that more objective and quan-

titatives de recherches remplacent les méthodes empiriques et subjectives trop fréquemment utilisées dans le passé, et que, dans toute la mesure du possible, des méthodes d'analyse statistique soient appliquées à des faits expérimentaux bien établis.

RECOMMANDATION
de la 1re Section

Etant donné la nécessité qui ressort clairement des débats, de rechercher et de comparer les bases de la terminologie et des méthodes d'analyse biologiques, chimiques, physiques et morphologiques des sols d'Afrique tropicale, il est recommandé aux Gouvernements intéressés:

1° de créer un Service de recherches, d'expérimentation et de comparaison des méthodes analytiques et morphologiques employées dans les contrées africaines;

2° de charger ce Service de procéder à des échanges d'échantillons en vue de comparer la valeur régionale des méthodes éprouvées et de mettre au point la nomenclature des sols tropicaux africains;

3° de charger ce service d'établir des contacts avec les principales institutions pédologiques qui travaillent dans les régions tempérées ou tropicales, en vue de recommander des méthodes analytiques appropriées

4° ce service serait établi à l'I.N.E.A.C., à Yangambi. Il travaillerait en collaboration avec des commissions régionales — existantes ou à créer. Il disposerait du personnel suffisant pour assurer son bon fonctionnement. De plus, les fonds nécessaires seraient prévus pour permettre à son directeur et à son personnel les déplacements nécessaires pour assurer la liaison avec les Commissions régionales et, éventuellement, procéder à des études sur place.

titative methods of research should replace the subjective and empirical methods generally followed in the past and that statistical design and analysis should be applied to experimental and well established facts as extensively as possible.

RECOMMENDATION
of the 1st Section

In view of the necessity, which clearly appears from the debates, of investigating on and comparing terminology and the methods of biological, chemical, physical and morphological analyses of the soils of tropical Africa, it is recommended to the Government concerned:

1° that they should set up an organisation for research, experimentation and comparison of analytical and morphological methods in use in African areas;

2° that this organisation should arrange for the exchange of samples with a view of establishing interregional comparisons of methods found suitable in given regions, to draw up a nomenclature of tropical African soils;

3° that this organisation should establish relations with the principal pedological Institutions that work in temperate and tropical regions, with a view to recommending suitable analytical methods.

4° this organisation should be established at I.N.E.A.C, at Yangambi. It shoud work in collaboration with regional committees, existing or to be created. It should have at its disposal adequate staff to function efficiently. In addition, funds should be available to allow the Director and staff to travel as circumstances command to ensure liaison with the Regional Committees and to carry out studies in the field.